ملاحظات تساعد في دراسة الفيزياء

① مساحة المربع = L^2 ، محيط المربع = $4L$

② مساحة المستطيل = الطول × العرض ، محيط المستطيل = 2 (الطول + العرض)

③ مساحة وجه المكعب = L^2 ، مساحة أوجه المكعب = $6L^2$ ، حجم المكعب = L^3

④ حجم متوازي المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

⑤ مساحة الدائرة = πr^2 ، محيط الدائرة = $2\pi r$ ، حجم الكرة = $\frac{4}{3}\pi r^3$

⑥ حجم الأسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع = $\pi r^2 \times h$

قاعدة عامة لتحويل الوحدات

① للتحويل من الأكبر إلى الأصغر نضرب. **مثال:** 5 كجم = 5 × 1000 = 5000 جم

② للتحويل من الأصغر إلى الأكبر نقسم. **مثال:** 6000 ثانية = 6000 ÷ 60 = 100 دقيقة

تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية

① مللي الوحدة $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ الوحدة

② ميكرو الوحدة $\xrightarrow{\times 10^{-6}}$ الوحدة

③ نانو الوحدة $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ الوحدة

④ كيلو الوحدة $\xrightarrow{\times 10^{3}}$ الوحدة

⑤ ميجا الوحدة $\xrightarrow{\times 10^{6}}$ الوحدة

⑥ جيجا الوحدة $\xrightarrow{\times 10^{9}}$ الوحدة

تحويل بعض الوحدات

① مم $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ م

② مم^2 $\xrightarrow{\times 10^{-6}}$ م^2

③ مم^3 $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ م^3

④ سم $\xrightarrow{\times 10^{-2}}$ م

⑤ سم^2 $\xrightarrow{\times 10^{-4}}$ م^2

⑥ سم^3 $\xrightarrow{\times 10^{-6}}$ م^3

⑦ الأنجستروم $\xrightarrow{\times 10^{-10}}$ م

⑧ اللتر $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ م^3

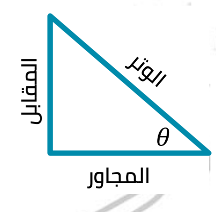
⑨ جم $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ كجم

العلاقات المثلثية



في المثلث القائم الزاوية يمكن تعيين النسبة المثلثية للزاوية θ من العلاقات

$$\sin\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} \qquad \cos\theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} \qquad \tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$



ملاحظات هامة جدًا

الوحدة المستخدمة يجب أن تكون تبعًا للنظام الدولي:

الطول: المتر **الكتلة:** الكيلوجرام **الزمن:** الثانية

بعض الكميات الفيزيائية ورموزها ووحدات قياسها ومعدلات أبعادها

الكمية الفيزيائية	رمزها	وحدة قياسها في النظام الدولي	
المسافة/ الإزاحة	d	متر	m
سعة الاهتزازة	A	متر	m
الطول الموجي	λ	متر	m
التردد	v	هيرتز = ثانية$^{-1}$	$Hz = s^{-1}$
الزمن	t	ثانية	s
الزمن الدوري	T	ثانية	s
سرعة انتشار الموجة	v	م/ث	m/s
معامل الانكسار	n	-	-
سرعة الضوء في الفراغ	c	م/ث	m/s
زاوية الانعكاس/ الانكسار	θ	درجة	deg
الزاوية الحرجة	ϕ_c	درجة	deg
زاوية رأس المنشور	A	درجة	deg
زاوية الانحراف	$\propto$	درجة	deg
زاوية النهاية الصغرى للانحراف	$\propto_0$	درجة	deg
قوة التفريق اللوني	$\omega_\propto$	-	-
الكتلة	m	كجم	kg
الحجم	V_{ol}	م^3	m^3
الكثافة	ρ	كجم/م^3	kg/m^3
القوة	F	نيوتن = كجم.م/ث^2	kg/m^2
المساحة	A	م^2	m^2
معامل اللزوجة	η_{vs}	نيوتن.ث/م^2 = كجم/م.ث	$N.s/m^2 = kg/m.s$

الفصل الأول | الحركة الموجية

(1) الحركة الانتقالية

لها نقطة بداية ونقطة نهاية مثل الحركة في خط مستقيم وحركة المقذوفات.

(2) الحركة الدورية

تكرر نفسها بانتظام على فترات زمنية متساوية مثل الحركة الاهتزازية والحركة الموجية

من أمثلة الحركة الموجية:

حركة الماء عند إلقاء حجر فيه	• يكون موضع إلقاء الحجر هو مصدر الاضطراب. • ينتشر هذا الاضطراب على سطح الماء على هيئة دوائر منتظمة متحدة المركز مركزها هو موضع سقوط الحجر. • يصاحب ذلك انتقال للطاقة من مصدر الاضطراب في نفس اتجاه انتشارها. • تُسمى الدوائر متحدة المركز (موجات الماء) وانتشارها على الماء (حركة موجية).
موجات الإذاعة	كثيرًا ما يطرق آذاننا كل صباح صوت المذيع معلنًا (هنا القاهرة) إذاعة القاهرة تحييكم وتبدأ إرسالها لكم على موجة متوسطة طولها $366.7\ m$
موجات التليفزيون	تنقل الصوت والصورة كما يلي: (1) يتحول الصوت والصورة إلى موجات تنتشر في الفراغ يستقبلها الهوائي (الإيريال). (2) تتحول هذه الموجات في جهاز الاستقبال إلى إشارات كهربية حيث تتحوّل إلى صوت وصورة داخل التليفزيون.
موجات التليفون المحمول	يتعامل التليفون المحمول مع موجات تنقل الصوت من المرسل إلى المُستقبِل: (1) تتحول الإشارات الصوتية إلى إشارات كهربية ثم إلى إشارات كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ والوسط المحيط ثم يستقبلها هوائي التليفون المحمول عند المستقبِل. (2) عند المستقبِل تتحوّل الإشارات الكهرومغناطيسية إلى إشارات كهربية ثم إلى صوت وأحياناً إلى صورة.

مما سبق يمكن تعريف الموجة كالتالي:

① اضطرب ينتقل وينقل الطاقة في اتجاه الانتشار.
② اضطراب لحظي يحدث وينتقل في الوسط ويقوم بنقل الطاقة من مكان إلى آخر.
③ اضراب لحظي ينتشر حاملًا الطاقة في اتجاه الانتشار.
④ اضرابط دوري ناتج عن مصدر طاقة لجسم مهتز.
⑤ اهتزاز يسري في الأوساط المختلفة أو الفراغ.
⑥ انتقال الحركة الاهتزازية عبر جزيئات الوسط.

لاحظ:

① لا تعتبر الموجة مادة, ولكنها تسري خلال المادة دون أن يصاحب ذلك انتقال المادة.
② تحمل الموجة الطاقة من مكان إلى آخر.
③ جزيئات الوسط لا تنتقل من مكان إلى آخر في اتجاه انتشار الحركة الموجية.
④ تنتشر الموجة الحادثة على سطح الماء من جزئ إلى آخر بسبب مرونة جزيئات الماء فتنقل الطاقة الحركية من جزئ إلى جزئ آخر.

الأسئلة التي بها العلامات

- ✍ وردة في امتحانات المدارس في الأعوام السابقة نظام قديم.
- 📖 وردت في أسئلة الكتاب المدرسي.
- 📄 وردت في الامتحانات التجريبية ونهاية الترم في الأعوام السابقة نظام حديث.
- بدون علامة إما من إعدادنا الخاص أو من الكتب الخارجية أو من كتب الدول العربية.

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

(١) الحركة الناتجة عن اهتزاز وسطٍ ما ....

- ☐ الحركة المنتظمة.
- ☐ الحركة الأفقية.
- ☐ الحركة الرأسية.
- ☐ الحركة الموجية.

(٢) حدوث اضطراب اهتزازي ينتقل من مكان لآخر حاملًا معه الطاقة في اتجاه معين وسرعة معينة ....

- ☐ الاهتزاز.
- ☐ الحركة.
- ☐ الموجة.
- ☐ الانزلاق.

(٣) ✍ تقوم الموجات بنقل ....

- ☐ المادة.
- ☐ الجسيمات.
- ☐ الطاقة.
- ☐ الماء.

(٤) تكون الطاقة التي تنقلها الأمواج ....

- ☐ في اتجاه معاكس لاتجاه انتشارها.
- ☐ في اتجاه عمودي على اتجاه انتشارها.
- ☐ في اتجاه انتشارها.
- ☐ -

(٥) عندما يُلقَى حجر في مياه بحيرة فإنّ جزيئات ماء البحيرة جميعها تهتز ....

- ☐ بنفس الكيفية في آنٍ واحد.
- ☐ بنفس الكيفية والتتابع ابتداءً من الجزئ المهتز بحيث تخضع في حركتها لدالة جيبية.
- ☐ بنفس الكيفية والتتابع ابتداءً من الجزئ المهتز بحيث تخضع في حركتها لدالة خطية.
- ☐ بكيفية مختلفة تمامًا عن جزيئات موضع سقوط الحجر.

(٦) 📄 ألقى طفل حجر في بحيرة فلاحظ دوائر منتظمة على سطح الماء فيرجع سبب ذلك إلى ....

- ☐ أنَّ الماء هو مصدر الاهتزاز.
- ☐ سكون الحجر بعد سقوطه في الماء مباشرةً.
- ☐ أنَّ الماء هو الوسط الذي يحمل الاهتزاز.
- ☐ سكون جزيئات الماء.

وجه المقارنة	الموجات الميكانيكية	الموجات الكهرومغناطيسية
الانتشار	تحتاج إلى وسط مادي لكي تنتشر فيه (تنتشر خلال الأوساط المادية فقط ولا تنتشر خلال الفراغ).	لا تحتاج بالضرورة إلى وسط مادي تنتقل خلاله (تنتشر في الأوساط المادية والفراغ).
شروط حدوثها	(1) وجود مصدر مهتز (متذبذب). (2) حدوث اضطراب ينتقل خلاله هذا الاضطراب. (3) وجود وسط مادي ينتقل خلاله هذا الاضطراب.	(1) وجود مجالين كهربي ومغناطيسي. (2) تعامد المجالين معًا.
سبب حدوثها	تنشأ عن اهتزاز جزيئات الوسط إما عموديًا على اتجاه انتشار الموجة أو على نفس خط انتشار الموجة.	تنشأ عن اهتزاز مجالين متعامدين أحدهما كهربي والآخر مغناطيسي وكليهما عمودي على اتجاه انتشار الموجة.

أنواعها	موجات مستعرضة وموجات طولية.	موجات مستعرضة فقط.
السرعة	سرعتها مختلفة حسب الوسط المادي.	تسير بسرعة الضوء.
الرؤية	يمكن رؤية بعضها والإحساس بها مثل موجات الماء.	لا يمكن رؤيتها ولكن ندركها من آثارها.
أمثلة	موجات الماء/ موجات الصوت/ الموجات المنتشرة في الأوتار.	موجات الراديو/ موجات الضوء/ الأشعة السينية (أشعة X).

لاحظ:

① لابد من وجود وسط مادي لانتشار الموجات الميكانيكية لأنها تنشأ عن اهتزاز جزيئات الوسط إما عموديًا على اتجاه انتشار الموجة أو على نفس خط انتشار الموجة أي لابد من وجود وسط مادي لانتشارها.

② لا تحتاج الموجات الكهرومغناطيسية لوسط مادي تنتقل خلاله لأنها تتكوّن من مجالين متعامدين كهربي ومغناطيسي ول يحتاج أيٌّ منهما لوسط مادي ينتقل خلاله.

③ الموجات الميكانيكية قد تكون طولية (عند اهتزاز جزيئات الوسط في نفس خط انتشار الموجة) وقد تكون مستعرضة (عند اهتزاز جزيئات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة).

④ جميع الموجات الكهرومغناطيسية مستعرضة فقط لأنَّ كِلا المجالين الكهربي والمغناطيسي متعامدين على بعضهما وعلى اتجاه انتشار الموجة.

⑤ موجات الراديو موجات كهرومغناطيسية تستيطيع الانتشار في الفراغ دون الحاجة لوسط مادي لانتشارها.

⑥ ينتشر الصوت في الغازات ولا ينتشر في الفراغ لأنَّ الصوت موجات ميكانيكية تحتاج وسط مادي تنتقل خلاله مثل الهواء ولا يمكنها الانتشار في الفراغ.

⑦ يستخدم رواد الفضاء أجهزة لاسلكية على سطح القمر لأنَّ الصوت موجات ميكانيكية تحتاج لوسط مادي تنتقل خلاله والقمر ليس له غلاف جوي لذلك تُستخدم أجهزة لاسلكية لأنَّ الأمواج الكهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ.

⑧ نرى الضوء الناتج من الانفجارات الكونية ولا نسمع الصوت الناتج عنها لأ، الضوء موجات كهرومغناطيسية يمكنها الانتشار في الفراغ والأوساط المادية بينما الصوت موجات ميكانيكية تحتاج لوسط مادي تنتقل خلاله.

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① عندما ينتقل الصوت ....

- ☐ تنتقل جزيئات الوسط الناقل للصوت.
- ☐ لا تنتقل جزيئات الوسط الناقل للصوت.
- ☐ ينتقل مصدر الصوت إلى أذن السامع.
- ☐ ينتقل السامع إلى الصوت.

② نوع الموجة في البرق .... بينما في الرعد تكون ....

- ☐ كهرومغناطيسية - كهرومغناطيسية
- ☐ ميكانيكية – ميكانيكية
- ☐ كهرومغناطيسية - ميكانيكية
- ☐ ميكانيكية – كهرومغناطيسية

③ اهتزاز وتر ولم يُسمَع صوته, ذلك بسبب ....

- ☐ حدوث اضطراب.
- ☐ اهتزاز جزيئات الوترز
- ☐ وجوده في الهواء.
- ☐ وجوده في حيّز مفرغ من الهواء

٤ يستطيع طاقم سفينتين الاتصال ببعضهما البعض عن طريق الصراخ.
لماذا لا يستعمل طاقم السفن الفضائية هذه الطريقة للاتصال بينهما؟

- ☐ لأن الصوت ينعكس أكثر في الفراغ.
- ☐ لأن الضغط عالي جدًا في السفن الفضائية.
- ☐ لأن سرعة السفن الفضائية أكبر من سرعة الصوت.
- ☐ لأنه لا يوجد هواء في الفضاء كي ينتقل الصوت من خلاله

٥ الضوء المرئي يتكوّن من ....

- ☐ مجال كهربي متعامد على آخر مغناطيسي ومواز ٍلاتجاه الانتشار.
- ☐ مجال كهربي مواز ٍلآخر مغناطيسي ومواز ٍلاتجاه الانتشار.
- ☐ مجال كهربي مواز ٍلآخر مغناطيسي ومتعامد على اتجاه الانتشار.
- ☐ مجال كهربي متعامد على آخر مغناطيسي ومتعامد على اتجاه الانتشار.

٦ يصل شعاع الليزر إلى سطح القمر لأنّه موجات ....

- ☐ كهرومغناطيسية لا تحتاج لوسط مادي.
- ☐ طولية تحتاج إلى وسط مادي.
- ☐ ميكانيكية تحتاج إلى وسط مادي.
- ☐ ميكانيكية لا تحتاج لوسط مادي.

٧ عندما يسمع شخص لصوت المذياع, فإنَّ الموجات التي تصل إلى المذياع هي موجات ....

- ☐ ميكانيكية طولية.
- ☐ ميكانيكية مستعرضة.
- ☐ كهرومغناطيسية مسعترضة.
- ☐ كهرومغناطيسية.

الموجات الميكانيكية

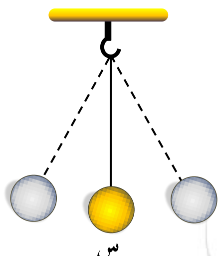
- هي موجات تنشأ عن مصدر مهتز ينقل نوع من الاضطراب خلال الوسط المادي.
- هي تلك الموجات التي تنشأ عن اهتزاز جزيئات الوسط حول مواضع اتزانها وسكونها.
- تنتج نتيجة لوجود جسم يهتز فيصنع حركة اهتزازية.

من أمثلة المصادر المهتزة:

① البندول البسيط المهتز (بندول الساعة).
② الشوكة الرنانة المهتزة.
③ الوتر المهتز (وتر الكمان).
④ الثقل المعلّق في ملف زنبركي (اليويو).

البندول البسيط | الشوكة الرنانة المهتزة | الوتر المهتز | ثقل معلّق في ملف

البندول البسيط:



① يكون ساكنًا عند النقطة س (موضع السكون).
② عند طرقه يتحرك يمينًا ويسارًا حول موضع سكونه ويكرر حركته على فترات زمنية متساوية (لاحظ: رغم عودة كرة البندول لموضع السكون إلّا أنها تندفع الاتجاه المضاد بسبب القصور الذاتي).
③ تُعرف هذه الحركة بالحركة الاهتزازية.

الحركة الاهتزازية:

- هي الحركة التي يصنعها الجسم المهتز حول موضع سكونه الأصلي في اتجاهين متضادين وفي فترات زمنية متساوية.
- هي الحركة التي يحدثها الجسم المهتز على جانبيّ موضع سكونه بحيث تتكرر على فترات زمنية متساوية.

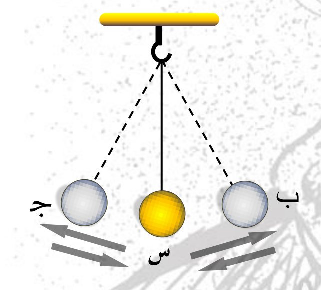
خصائص الحركة الاهتزازية:

① يتحرك الجسم المهتز على جانبيّ موضع سكونه على فترات زمنية متساوية.
② سرعة الجسم المهتز تكون أكبر ما يمكن أثناء مروره بموضع السكون.
③ تقلّ سرعة الجسم المهتز بالابتعاد عن موضع السكون.

لاحظ:

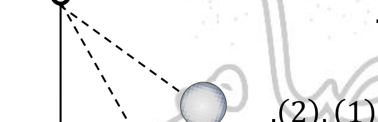
عندما يهتز المصدر تهتز جزيئات الوسط المحيط بنفس الكيفية, إذًا ينتقل الاهتزاز أولًا من المصدر إلى جزيئات الوسط المجاورة له أو المتصلة به ومنها إلى جزيئات الوسط التي تليها وهكذا ينتشر هذا الاهتزاز أو هذا الاضطراب في الوسط على هيئة حركة موجية.

تحولات الطاقة في البندول البسيط:



- عند حركة ثقل البندول من النقطة (أ) متجهًا إلى النقطة (ب) يزداد ارتفاعه الرأسي عن موضع الاتزان الأصلي تدريجيًا وبالتالي تزداد طاقة وضعه وتقلّ طاقة حركته حيث تتحوّل طاقة الحركة تدريجيًا إلى طاقة وضع بحيث يظلّ مجموع طاقتيَ الوضع والحركة (الطاقة الميكانيكية) عند أي نقطة مقدارًا ثابتًا, وبالتالي تقلّ سرعة حركة ثقل البندول تدريجيًا حتى تصل للصفر عند النقطة (ب).
- يعكس ثقل البندول اتجاه حركته ويتحرك من (ب) إلى (أ) حيث تقلّ طاقة وضعه تدريجيًا بنقص ارتفاعه الرأسي عن موضع الاتزان الأصلي وتزداد طاقة حركته وبالتالي سرعته تدريجيًا حتى تصل إلى أقصى قيمة لها عند النقطة (أ).
- يستمر ثقل البندول في الحركة من (أ) إلى (ج) فتزداد طاقة وضعه وتقلّ طاقة حركته حتى يصل للنقطة (ج), وهكذا.

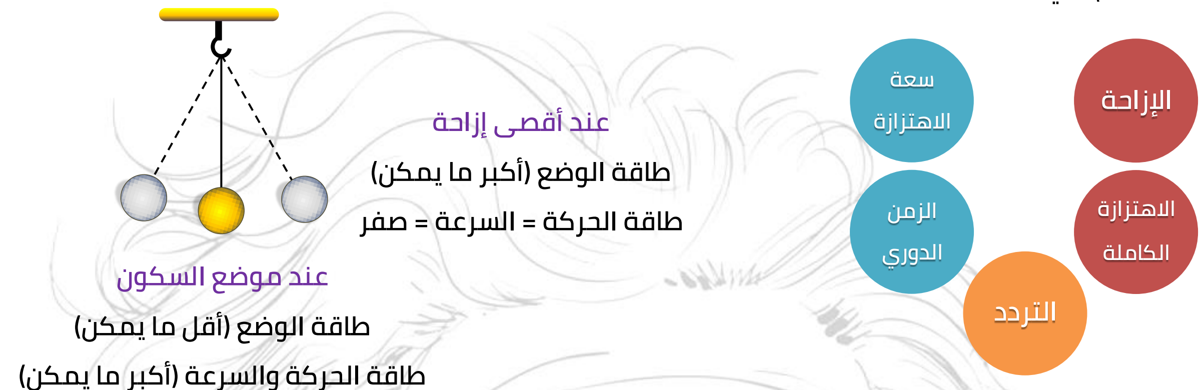
في الشكل المقابل:



- تتحرك كرة البندول بعجلة موجبة عند الانتقال من الموضع (3) إلى الموضع (1).
- تتحرك كرة البندول بعجلة سالبة عند الانتقال من الموضع (1) إلى الموضع (3).
- السرعة في الفترة الزمنية بين (2), (3) أقل من السرعة في الفترة الزمنية بين (1), (2).
- الفترة الزمنية بين (2), (3) أكبر من الفترة الزمنية بين (1), (2).

مفاهيم مرتبطة بالحركة الاهتزازية

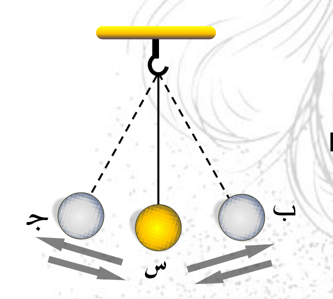
هناك بعض الكميات الفيزيائية المرتبطة بالحركة الاهتزازية سنتعرف عليها من خلال الاستعانة بالبندول البسيط وهذه المفاهيم هي:



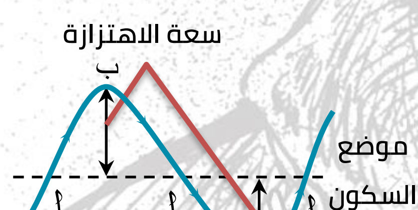
الإزاحة (d)

- هي بُعد الجسم المهتز في أي لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلي.
- كمية متجهة تُقاس بالمتر (m).

سعة الاهتزازة (A)



- هي أقصى إزاحة للجسم المهتز.
- هي المسافة بين نقطتين متتاليتين في مسار حركة الجسم تكون سرعته في إحداهما أقصاها وفي الأخرى منعدمة.
- هي نصف المسافة بين أبعد نقطتين يصل إليهما الجسم المهتز.
- تُقاس بوحدة المتر (m) ويعبّر عنها بمنحنى جيبي.
- عند اهتزاز البندول من موضع السكون (أ) فإن أقصى إزاحة يحدثها:



جهة اليسار:

عندما يصل إلى النقطة (ج) ويكون مقدار الإزاحة (أ ج) = مقدار الإزاحة (ج أ).

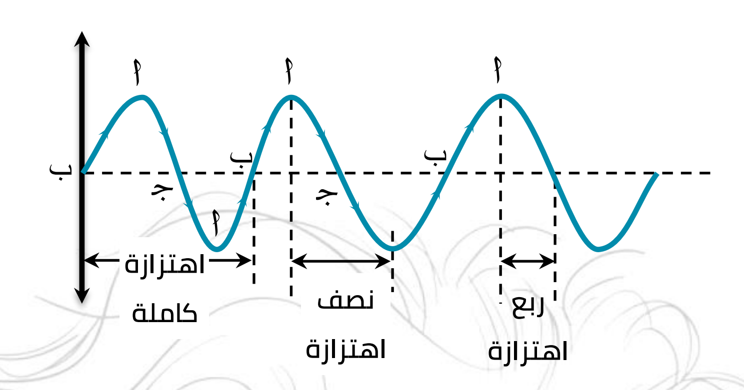
جهة اليمين:

عندما يصل إلى النقطة (ب) ويكون مقدار الإزاحة (أ ب) = مقدار الإزاحة (ب أ).

- مقدار الإزاحة (أ ب) = مقدار الإزاحة (أ ج).
- يُسمى مقدار أيًّا من الإزاحات (أ ب، ب أ، أ ج، ج أ) بسعة الاهتزازة.

الاهتزازة الكاملة

- هي الحركة التي يعملها الجسم المهتز في الفترة الزمنية التي تمضي بين مروره بنقطة واحدة في مسار حركته مرتين متتاليتين في اتجاه واحد.
- عند حركة كرة البندول من (أ) إلى (ج) ثم من (ج) إلى (أ) ثم من (أ) إلى (ب) ثم من (ب) إلى (أ) يكون قد صنع اهتزازة كاملة.
- تتضمن الاهتزازة الكاملة أربعة إزاحات متتالية يُسمى كلٌّ منها سعة اهتزازة.



المسافة المقطوعة خلال اهتزازة كاملة = 4 × مقدار سعة الاهتزازة

(الاهتزازة الكاملة = 4 × سعة الاهتزازة = $4A$)

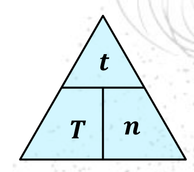
سعة الاهتزازة = $\frac{1}{4}$ اهتزازة كاملة

الزمن الدوري (T)

- هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز في عمل اهتزازة كاملة.
- هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز ليمر بنقطة واحدة في مسار حركته مرّتين متتاليتين في اتجاه واحد.
- يمكن حسابه من خلال القانون:

الزمن الدوري = $\frac{\text{الزمن بالثانية}}{\text{عدد الاهتزازات}}$

$$T = \frac{t}{n}$$



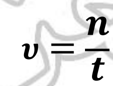
- يُقاس الزمن الدوري بوحدة الثانية (s).
- الزمن الدوري = زمن الاهتزازة الكاملة = 4 × زمن سعة الاهتزازة.
- زمن سعة الاهتزازة = الزمني الدوري ÷ 4

يتوقف الزمن الدوري للبندول البسيط على طول الخيط وعجلة الجاذبية ولا يتوقف على كتلة الجسم وسعة الاهتزازة أي أن الزمن الدوري لا يتغيّر عند زيادة أو نقص الكتلة المعلّقة أو سعة الاهتزازة.

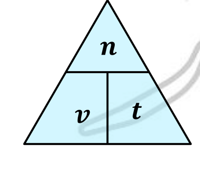
التردد (υ)

- هو عدد الاهتزازات الكاملة التي يصنعها الجسم المهتز في الثانية الواحدة.
- يمكن حسابه من خلال القانون:

التردد = $\frac{\text{عدد الاهتزازات}}{\text{الزمن بالثانية}}$



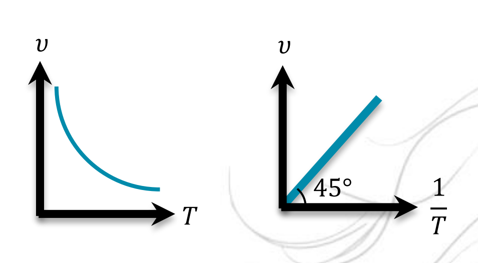
$$\upsilon = \frac{n}{t}$$



- يُقاس بوحدة اهتزازة/ ثانية أو ذبذبة/ ثانية أو دورة/ ثانية أو ثانية$^{-1}$ أو هيرتز (Hz).

العلاقة بين التردد والزمن الدوري

١. تردد الجسم المهتز يساوي المعكوس الضربي للزمن الدوري.
٢. تردد الجسم المهتز يساوي مقلوب الزمن الدوري.
٣. يتناسب التردد عكسيًا مع الزمن الدوري.
٤. التردد × الزمن الدوري = 1

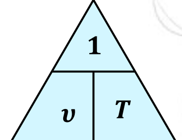


$$1 = \frac{\text{الزمن بالثانية}}{\text{عدد الاهتزازات الكاملة}} \times \frac{\text{عدد الاهتزازات الكاملة}}{\text{الزمن بالثانية}}$$

لاحظ:



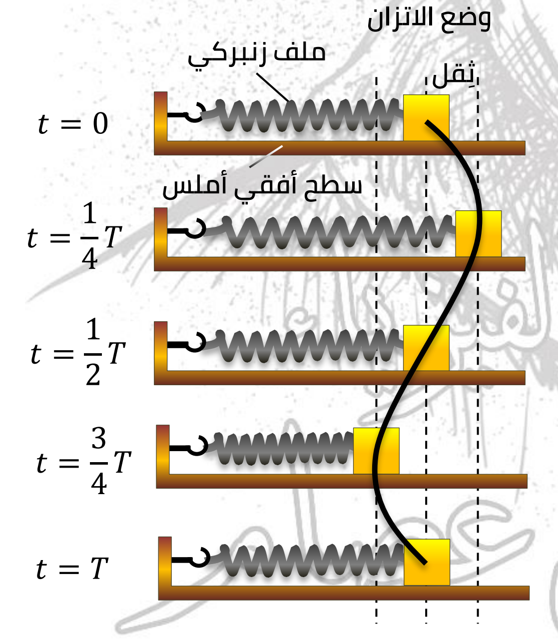
١. $T = \frac{1}{v}, v = \frac{1}{T}, v \times T = 1$



٢. يتساوى التردد مع الزمن الدوري عندما يتساوى عدد الاهتزازات الكاملة التي يحدثها الجسم المهتز مع الزمن الحادثة فيه بالثواني.

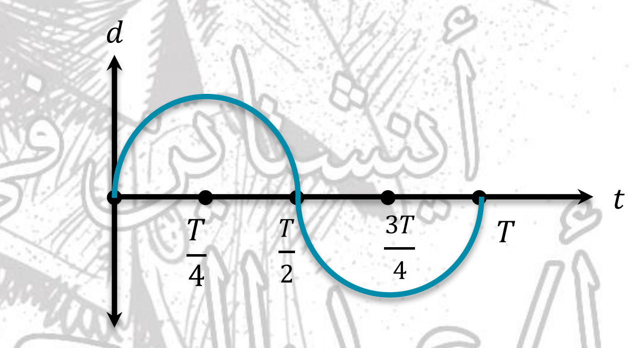
تجربة لتوضيح الحركة التوافقية البسيطة

١. ضع ثقل فوق سطح أفقي أملس وثبّت في أحد طرفيه ملف زنبركي طرفه الآخر مثبّت في حائط.
٢. عند جذب ثقل الملف الزنبركي يستطيل الملف.
٣. عند ترك الثقل يعود إلى وضع الاتزان.
٤. ثم ينضغط.
٤. ثم يعود لوضع الاتزان.
٤. تتكرر هذه الحركة على فترات زمنية متساوية.



الحركة التوافقية البسيطة:

- هي الحركة الاهتزازية في أبسط صورها.
- مثل حركة الأرجوحة والبندول البسيط والملف الزنبركي.
- يمكن تمثيلها بيانيًا بمنحنى جيبي.



منحنى جيبي ينتج عن الحركة التوافقية البسيطة

لاحظ: في الحركة التوافقية البسيطة يكون اتجاه العجلة عكس اتجاه الإزاحة.

مسائل محلولة

① بندول بسيط يُحدِث 1800 اهتزازة كاملة في الدقيقة وفي كل اهتزازة كاملة يقطع $20\ cm$. احسب:

- ☐ سعة الاهتزازة.
- ☐ التردد.
- ☐ الزمن الدوري.

الحل:

- ☐ $A = 20 \div 4 = 5\ cm$
- ☐ $\nu = \frac{n}{t} = \frac{1800}{6} = 30\ Hz$
- ☐ $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{30} = 0.03\ s$

② وتر يهتز بحيث تستغرق أقصى إزاحة يصنعها الوتر فترة زمنية قدرها $0.002\ s$, احسب تردد هذا الوتر.

الحل:

$$T = 4 \times 0.002 = 0.008s$$

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.008} = 125\ Hz$$

③ من الشكل المقابل, احسب:



- ☐ سعة الاهتزازة.
- ☐ الزمن الدوري للجسم المهتز.
- ☐ عدد الاهتزازات الكاملة التي يُحدِثها الجسم في زمن قدره $1\ min$
- ☐ المسافة الأفقية التي يقطعها البندول خلال 4 اهتزازات كاملة.

الحل:

- ☐ $A = 5\ cm = 0.05\ m$
- ☐ $T = 4 \times 0.2 = 0.8\ s$
- ☐ $n = t \div T = 60 \div 0.8 = 75$ اهتزازة
- ☐ $x = 4 \times 0.05 \times 4 = 0.8\ m$

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

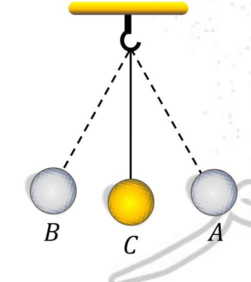
① النسبة بين زمن سعة الاهتزازة إلى زمن الاهتزازة الكاملة كنسبة ....

- ☐ $\frac{2}{1}$
- ☐ $\frac{1}{2}$
- ☐ $\frac{4}{1}$
- ☐ $\frac{1}{4}$



② الشكل المقابل يمثّل بندول بسيط يتحرك حركة اهتزازية, فإذا كان الزمن الذي يستغرقه الجسم ليتحرك من (C) إلى (A) ثم (B) يساوي $6\ sec$ لذلك فإن تردد الجسم يساوي ....





- ☐ $1.25\ Hz$
- ☐ $0.42\ Hz$
- ☐ $2.4\ Hz$
- ☐ $0.8\ Hz$

③ الشكل المقابل يوضح ثِقل معلّق في سلك زنبركي يُحدِث حركة توافقية بسيطة فإن السرعة تنعدم عند النقاط ....

☐ X, N
☐ Y, M
☐ Z, N
☐ Z, X

④ زمن وصول الجسم إلى أقصى إزاحة يساوي ....

☐ $\frac{T}{3}$ ☐ $\frac{T}{2}$ ☐ $\frac{T}{4}$ ☐ T

⑤ عندما تكون سعة اهتزازة الجسم $10\ cm$ فإن إزاحته عند لحظة ما قد يساوي ....

☐ $12\ cm$ ☐ $20\ cm$ ☐ $5\ cm$ ☐ $15\ cm$

⑥ يهتز بندول بسيط مارًا بالنقاط A, B, C, D, E كما بالرسم، تكون النسبة بين زمن قطع الإزاحة AB إلى زمن قطع الإزاحة AD كنسبة ...

☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{1}{2}$
☐ $\frac{1}{3}$ ☐ $\frac{1}{4}$

⑦ بندول بسيط أقصى سرعة له v_1 زادت سعته إلى الضِعف إذا كانت سرعته ثانيًا v_2 فإن النسبة بين السرعة أولًا والسرعة ثانيًا هي ....

☐ $\frac{2}{3}$ ☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{2}{1}$

⑧ تصل سرعة الجسم المتحرك حركة توافقية بسيطة أكبر ما يمكن عندما يكون للجسم ....

☐ أكبر إزاحة ☐ أقل إزاحة ☐ أكبر عجلة ☐ أقل إزاحة وأكبر عجلة

⑨ إذا زادت سعة الحركة التوافقية البسيطة للبندول كما بالشكل فإن الزمن الدوري للبندول ....

☐ يزداد. ☐ يقلّ.
☐ لا يتغيّر. ☐ -

⑩ بندول بسيط يتحرك حركة توافقية بسيطة زمنه الدوري (T) فإذا نقصت سعة الاهتزازة لنصف ما كانت عليه وزادت كتلة الثقل إلى أربعة أمثالها فإن زمنه الدوري ....

☐ يزداد. ☐ يقلّ. ☐ لا يتغيّر. ☐ -

⑪ الشكل المقابل يوضح جسم يتحرك حركة اهتزازية فتكون المسافة المقطوعة خلال اهتزازة كاملة ...

☐ ضِعف المسافة AB ☐ ضِعف المسافة BC
☐ نصف المسافة AC ☐ أربعة أمثال المسافة BC

⑫ الشكل المقابل يمثّل حركة توافقية بسيطة لجسم مهتز تزداد سرعته عند مروره بالنقطة ....

الإزاحة — الزمن — A — B — C — D



☐ A



☐ B

☐ C

☐ D

⑬ جسمين مهتزين الجسم الأول يُحدِث 90 اهتزازة كاملة في دقيقتين، والجسم الثاني يُحدِث 3 اهتزازات كاملة في الثانية فتكون النسبة بين الزمن الدوري لحركتيهما $\left(\frac{t_1}{t_2}\right)$ هي ....

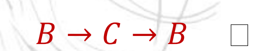
☐ $\frac{2}{3}$ ☐ $\frac{3}{2}$ ☐ $\frac{4}{1}$ ☐ $\frac{1}{4}$



⑭ يمثِّل الشكل أحد أذرع شوكة رنّانة، أيّ مسار حركة يمثّل اهتزازة كاملة؟

A B C

☐ $A \to C \to A$ ☐ $B \to C \to A$



☐ $B \to C \to B$ ☐ $A \to C \to B$

⑮ عندما يمر الجسم المهتز بموضع اتزانه فإنَّ ....



☐ الإزاحة لها أقصى قيمة والسرعة مساوية للصفر. ☐ الإزاحة والسرعة لها أقصى قيمة.

☐ الإزاحة والسرعة مساويتان للصفر. ☐ الإزاحة مساوية للصفر، والسرعة لها أقصى قيمة.



⑯ عندما يهتز المصدر بتردد معيّن تهتز دقائق الوسط ....



☐ بتردد مختلف. ☐ بنفس التردد.

☐ بتردد أصغر من تردد المصدر. ☐ بتردد يتناقص بالتدريج

⑰ يمثِّل الشكل المقابل حركة كرة بندول بسيط من X إلى O فإذا كانت المسافات LM, MN, NO مسافات متساوية تكون الفترة الزمنية للمسافات ....

X L M N O



☐ $LM = MN = NO$

☐ $LM > MN > NO$

☐ $LM < MN < NO$

☐ $LM = MO$

⑱ الشكل المقابل يوضح وترم هتز، فإذا كان الزمن اللازم لحركة الوتر من النقطة A إلى النقطة B هو $0.05\ s$، فإن تردد الوتر يساوي ....

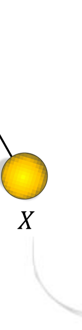
A O B

☐ $2\ Hz$ ☐ $5\ Hz$

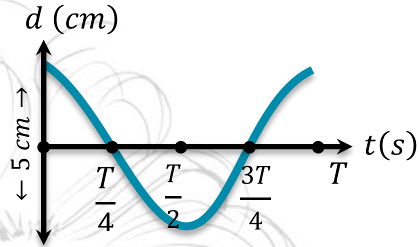
☐ $10\ Hz$ ☐ $20\ Hz$

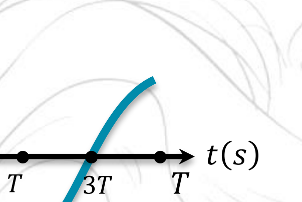
⑲ شوكة رنّانة مهتزة النسبة بين زمنها الدور وترددها $\frac{1}{65536}\ s^2$، فإن عدد الذبذبات التي تصدرها خلال عشر ثوانٍ هي ....

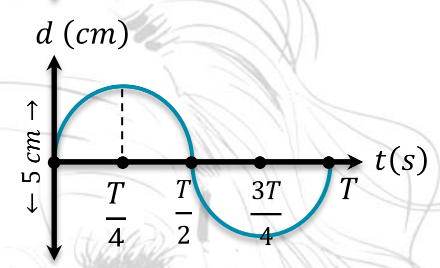
☐ 1636 ذبذبة. ☐ 3160 ذبذبة. ☐ 2560 ذبذبة. ☐ 6320 ذبذبة.

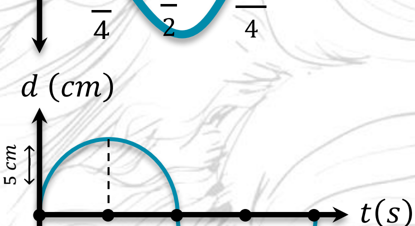


(٢٠) في الشكل المقابل سحب ثقل بندول بسيط من موضع اتزانه الأصلي (o) إلى الموضع (X) وكانت أقصى إزاحة له $5\ cm$ ثم تُرِكَ ليتحرك حركة توافقية بسيطة فأكمل اهتزازة كاملة خلال زمن T, أيّ الأشكال البيانية التالية يمثِّل العلاقة بين إزاحة ثِقل البندول عن موضع اتزانه الأصلي والزمن؟

☐


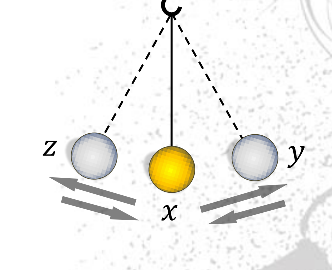
☐


☐


☐


(٢١) تصنع كرة بندول خلال زمن دوري T إزاحة تُعادل ....

☐ رُبع اهتزازة كاملة ☐ نصف اهتزازة كاملة ☐ ضِعف اهتزازة كاملة ☐ صفر



(٢٢) في الشكل المقابل يوضح حركة بندول بسيط زمنه الدوري T, فأيّ العبارات الآتية خاطئ؟

☐ سرعة الثِقل عند الموضع x > سرعة الثِقل عند الموضع y

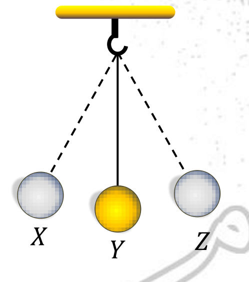
☐ سرعة الثِقل عند الموضع z = صفر

☐ سعة الاهتزازة = البُعد بين الموضعين z, y

☐ الزمن الذي يستغرقه الثِقل لقطع المسافة $xy = \frac{T}{4}$

(٢٣) وتر مهتز يصنع 3×10^4 اهتزازة كاملة خلال دقيقة واحدة, فإن الزمن الذي يستغرقه الوتر لعمل اهتزازة كاملة تساوي ....

☐ $2 \times 10^{-3} s$ ☐ $3 \times 10^{-3} s$ ☐ $2 \times 10^{-2} s$ ☐ $3 \times 10^{-2} s$



(٢٤) في الشكل المقابل لكي يصنع البندول اهتزازة كاملة يجب أنّ ....

☐ يتحرك من X إلى Z مرتان.

☐ يتحرك من X إلى Y أربعة مرات.

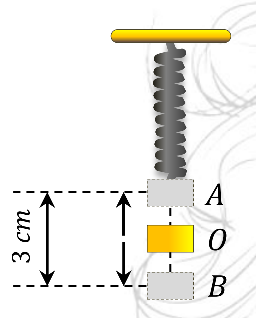
☐ يمر بالنقطة X مرتين متتاليتين في نفس الاتجاه.

☐ يمر بالنقطة Y ثلاث مرات في نفس الاتجاه.

(٢٥) الشكل المقابل يوضح منحنى (الإزاحة - الزمن) لجسم يتحرك حركة توافقية بسيطة، فإن ....

	سعة الاهتزازة (cm)	التردد (Hz)
☐	0.1	4
☐	0.05	2
☐	0.1	0.5
☐	0.05	0.25

(٢٦) الشكل المقابل يوضح ثِقل مربوط بزنبرك مهتز: فتكون سعة الاهتزازة هي ....

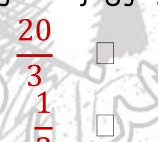


☐ $1.5\ cm$
☐ $3\ cm$
☐ $4.5\ cm$
☐ $6\ cm$

(٢٧) الشكل المقابل يوضح منحنى (الإزاحة - الزمن) لجسم يتحرك حركة توافقية بسيطة، فإن ....

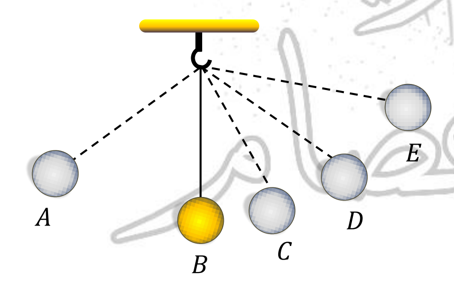
	سعة الاهتزازة (cm)	الزمن الدوري (s)
☐	10	1.5
☐	10	2
☐	20	2
☐	20	1.5

(٢٨) الشكل المقابل يوضح العلاقة بين الإزاحة الرأسية لحركة جزيئات الوسط (d) والزمن (t) لموجةٍ ما، فإذا كانت الفترة الزمنية بين النقطتين B, A تساوي $0.15\ s$، فيكون تردد الموجة Hz ....



☐ $\frac{1}{15}$ ☐ $\frac{20}{3}$
☐ $\frac{5}{3}$ ☐ $\frac{1}{3}$

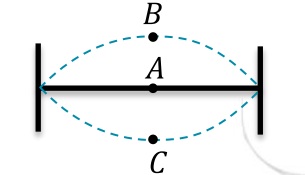
(٢٩) في الشكل المقابل بندول بدء حركته من النقطة (A) ويهتز حول موضع سكونه (B) فتكون أقصى إزاحة يُحدِثها ....



☐ AE ☐ عند وصوله للنقطة (E)
☐ BD ☐ عند وصوله للنقطة (C)

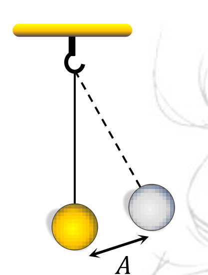
(٣٠) قطعة من الخشب تهتز فوق سطح الماء، إذا كان الزمن الذي تستغرقه بين موضع سكونها وأقصى إزاحة هو $0.3\ s$ يكون الزمن بين موضع سكونها ونصف سعة الاهتزازة ....

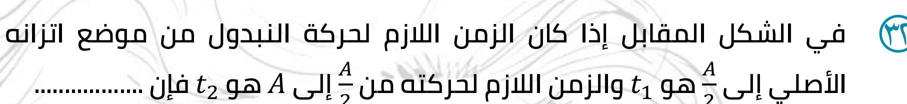
- ☐ $0.15\ s$
- ☐ $3\ s$
- ☐ $0.1\ s$
- ☐ $0.3\ s$



(٣١) في الشكل المقابل إذا استغرق الوتر $5\ s$ في الانتقال من (A) إلى (B) فإن تردد هذا الوتر يساوي ....

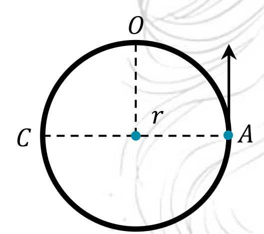
- ☐ 5 هيرتز.
- ☐ 5×10^{-3} ميجا هيرتز.
- ☐ 5×10^{-9} جيجا هيرتز.
- ☐ 5×10^{-5} كيلو هيرتز.

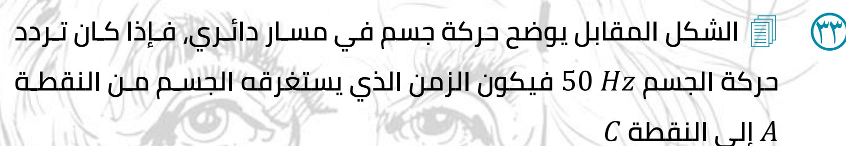




(٣٢) في الشكل المقابل إذا كان الزمن اللازم لحركة البندول من موضع اتزانه الأصلي إلى $\frac{A}{2}$ هو t_1 والزمن اللازم لحركته من $\frac{A}{2}$ إلى A هو t_2 فإن ....

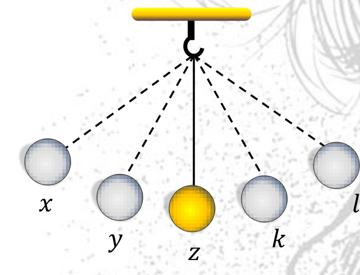
- ☐ $t_1 = t_2$
- ☐ $t_1 > t_2$
- ☐ $t_1 < t_2$
- ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

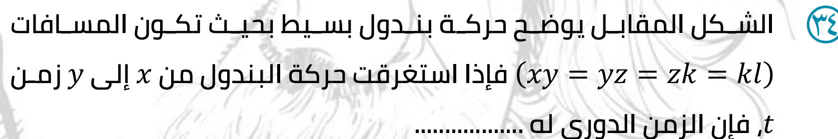




(٣٣) الشكل المقابل يوضح حركة جسم في مسار دائري، فإذا كان تردد حركة الجسم $50\ Hz$ فيكون الزمن الذي يستغرقه الجسم من النقطة A إلى النقطة C

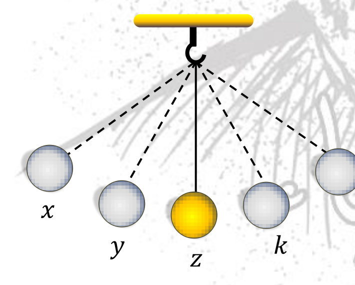
- ☐ $0.1\ s$
- ☐ $0.01\ s$
- ☐ $0.1\ s$
- ☐ $0.02\ s$





(٣٤) الشكل المقابل يوضح حركة بندول بسيط بحيث تكون المسافات $(xy = yz = zk = kl)$ فإذا استغرقت حركة البندول من x إلى y زمن t، فإن الزمن الدوري له ....

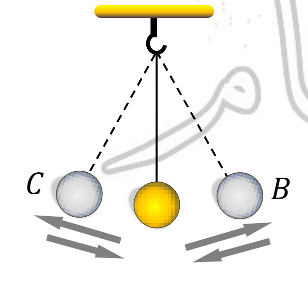
- ☐ $8\ t$
- ☐ أقل من $8\ t$
- ☐ أكبر من $8\ t$
- ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.





(٣٥) الشكل المقابل يوضح حركة بندول بسيط فإذا كانت المسافات $(xy = yz = zk = kl)$ فإن ....

- ☐ طاقة الحركة عند k < طاقة الوضع عند x
- ☐ طاقةالوضع عند 1 > طاقة الوضع عند y
- ☐ طاقة الحركة عند y = طاقة الوضع عند k
- ☐ طاقة الوضع وطاقة الحركة متساوية عند جميع النقاط.



(٣٦) الشكل المقابل يوضح بندول بسيط يتحرك حركة توافقية بسيطة، فتكون النسبة بين طاقة وضع ثقل البندول عند الموضعين C, B هي ....

- ☐ $\frac{1}{2}$
- ☐ $\frac{1}{4}$
- ☐ $\frac{1}{8}$
- ☐ $\frac{1}{1}$

٣٧) عندما يمر جسم مهتز بوضع سكونه الأصلي تكون ....

☐ الإزاحة لها أقصى قيمة والسرعة منعدمة.
☐ الإزاحة والسرعة لهما أقصى قيمة.
☐ الإزاحة والسرعة منعدمتان.
☐ الإزاحة منعدمة والسرعة لها أقصى قيمة.

٣٨) في الشكل المقابل لكي يصنع البندول نصف اهتزازة فإنه يجب أن يتحرك من الموضع ....

X Y Z

☐ X إلى Z
☐ X إلى Y
☐ Y إلى X
☐ Y إلى Z

٣٩) يكون التردد ضِعف الزمن الدوري لجسم مهتز إذا كان الزمن الدوري يساوي ....

☐ 2
☐ 0.5
☐ $\sqrt{2}$
☐ $\frac{1}{\sqrt{2}}$

٤٠) سرعة البندول تساوي صفر عند الموضع ....

X Y Z

☐ X فقط
☐ Y فقط
☐ Z فقط
☐ Z,X

41. إذا كان الزمن الدوري لجسم مهتز = $0.01\ s$، فهذا يعني أن ....

☐ الزمن اللازم لعمل اهتزازة كاملة = $0.01\ s$
☐ تردد الجسم المهتز = $100\ Hz$
☐ عدد الاهتزازات الكاملة التي يُحدِثها الجسم المهتز في الثانية الواحدة = 100 اهتزازة.
☐ جميع ما سبق.

42. الشكل البياني المقابل يمثّل العلاقة بين التردد ومقلوب الزمن الدوري بنفس مقياس الرسم لجسم يتحرك حركة توافقية بسيطة، فإن الميل يساوي ....

v $\frac{1}{T}$

☐ $\frac{1}{2}$
☐ 3
☐ 2
☐ 1

43. في الشكل البياني المقابل يمثّل العلاقة بين التردد ومقلوب الزمن الدوري بنفس مقياس الرسم لجسم يتحرك حركة توافقية بسيطة، فتكون قيمة θ هي ....

v θ $\frac{1}{T}$

☐ $30°$
☐ $45°$
☐ $60°$
☐ $75°$

44. الشكل المقابل يوضح حركة وتر مهتز، فتكون سرعة الوتر أكبر ما يمكن عند ....

a b c

☐ الموضع a
☐ الموضع b
☐ الموضعين c,b
☐ الموضعين c,a

أنواع الموجات الميكانيكية

أولًا: الموجات الطولية

للتعرُّف على طبيعة الموجات الطولية نُجري التجربة التالية:

① ضع ثِقل m فوق سطح أفقي أملس مثبّت مِن أحد طرفيه في زنبرك طويل والطرف الآخر في زنبرك مثبّت في حائط.

② اجذب الثقل مسافة x جهة اليمين ثم اتركه يعود لوضع الاستقرار.

الملاحظة:

ينضغط الزنبرك ثم ينتقل هذا التضاغط تباعًا خلال الزنبرك جهة اليمين.

③ اجذب الثقل مسافة x جهة اليسار ثم اتركه يعود لوضع الاستقرار.

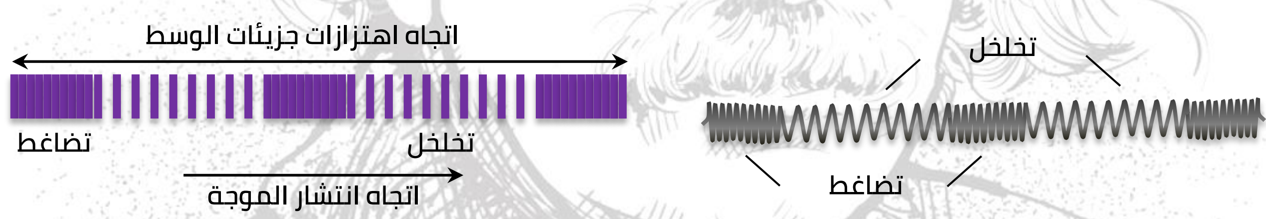
الملاحظة:

تتباعد حلقات الزنبرك مُحدثة خلخلة ثم ينتقل هذا التخلخل تباعًا خلال الزنبرك جهة اليمين.

الاستنتاج:

① عند تذبذب (اهتزاز) الزنبرك تتكوّن مجموعة من التضاغطات والتخلخلات تنتقل على طول الزنبرك.

② تُمثّل مجموعة التضاغطات والتخلخلات موجة تنتشر في نفس اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط (الزنبرك) تُسمى الموجة الطولية.



تعريف الموجة الطولية: هي الموجة التي تهتز فيها جزيئات الوسط حول موضع اتزانها على نفس خط انتشار الحركة الموجية.

مكونات الموجة الطولية: تتكوّن من تضاغطات وتخلخلات (الموجة الطولية = تضاغط + تخلخل).

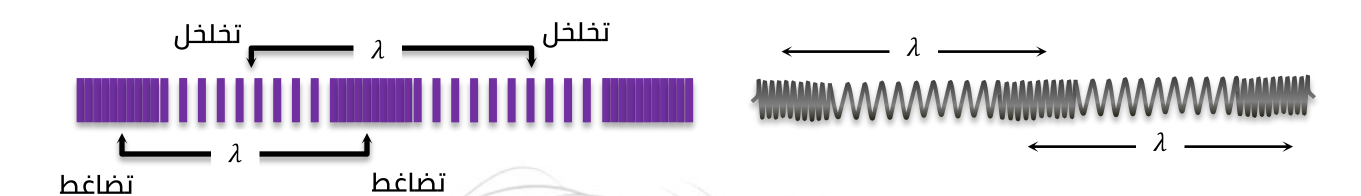
(1) التضاغط

موضع في الموجة الطولية تتقارب فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن نتيجة تزايد الضغط, أو منطقة تتقارب فيها جزيئات الوسط المهتزة من بعضها.

(2) التخلخل

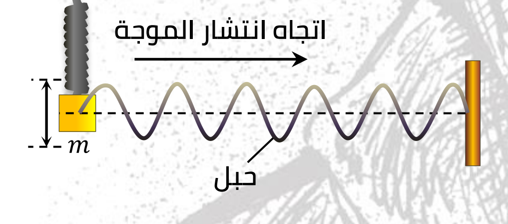
موضع في الموجة تتباعد فيه جزيئات الوسط إلى أقصى حد ممكن نتيجة وصول الضغط إلى أقل قيمة, أو منطقة تتباعد فيها جزيئات الوسط المهتزة عن بعضها.

الطول الموجي للموجة: هو المسافة بين مركزيّ أيّ تضاغطين متتاليين أو مركزيّ أيّ تخلخلين متتالين.





لاحظ:



① الطول الموجي (λ) = المسافة (x) ÷ عدد الأمواج (n).

② إذا رمزنا للتضاغط بالرمز (C) وللتخلخل بالرمز (I) وكانت المسافة بين:

- تضاغطين متتاليين أو تخلخين متتاليين: المسافة = الطول الموجي $(\lambda = x)$.
- تضاغط وتخلخل متتاليين أو تخلخل وتضاغط متتاليين: المسافة = نصف الطول الموجي $(\lambda = 2x)$
- تضاغطين غير متتاليين أو تخلخلين غير متتاليين: عدد الأمواج = الفرق بين رقم التضاغطين أو رقم التخلخلين.
- تضاغط وتخلخل غير متتاليين: عدد الأمواج = (الفرق بين رقم التضاغط ورقم التخلخل) + 0.5
- تخلخل وتضاغط غير متتاليين: عدد الأمواج = (الفرق بين رقم التخلخل ورقم التضاغط) - 0.5

ثانيًا: الموجات المستعرضة

للتعرُّف على طبيعة الموجات المستعرضة نجري التجربة التالية:

الخطوات:

① احضر ثِقل m مثبّت في زنبرك رأسي ومثبّت به طرف حبل طويل أفقي مشدود والطرف الآخر للحبل مثبّت في حائط.

② اجذب الثقل لأسفل ثم اتركه.

الملاحظات:

① يتحرك الثقل حركة توافقية بسيطة لأعلى ولأسفل ويتحرك طرف الحبل بدوره بنفس الكيفية.

② تنتقل الحركة على طول الحبل على هيئة موجة تتحرك أفقيًا بسرعة معينة.

③ تتحرك أجزاء الحبل رأسيًا حركة توافقية بسيطة.

الاستنتاج:

① عند اهتزاز الحبل لأعلى ولأسفل تنتشر موجة في الحبل تتكوّن من قمم وقيعان.

② يكون اتجاه اهتزاز جزيئات الحبل (الوسط) عمودي على اتجاه انتشار الموجة.

③ هذه الموجة تُسمى الموجة المستعرضة.



تعريف الموجة المستعرضة: هي الموجة التي تهتز فيها جزيئات الوسط حول موضع اتزانها في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الحركة الموجية.

مكونات الموجة المستعرضة: تتكوّن من قمم وقيعان (الموجة المستعرضة = قمة + قاع).

(1) القمة

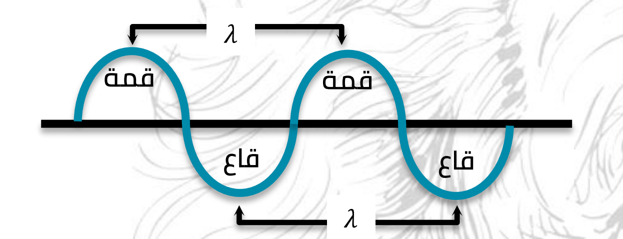
النقطة التي تمثّل النهاية العظمى للإزاحة في الاتجاه الموجب (إلى أعلى)، أو أعلى نقطة تصل إليها جزيئات الوسط بالنسبة لموضع الاتزان في الموجة المستعرضة.

(2) القاع

النقطة التي تمثّل النهاية العظمى للإزاحة في الاتجاه السالب (إلى أسفل)، أو أقل نقطة تصل إليها جزيئات الوسط بالنسبة لموضع الاتزان في الموجة المستعرضة.

الطول الموجي للموجة المستعرضة: هو المسافة بين أيّ قمتين متتاليتين أو أيّ قاعين متتاليين.

تتشابه الموجة الطويلة مع الموجة المستعرضة في أن جزيئاتها تتحرك حركة اهتزازية توافقية بسيطة على جانبيّ موضع سكونها.



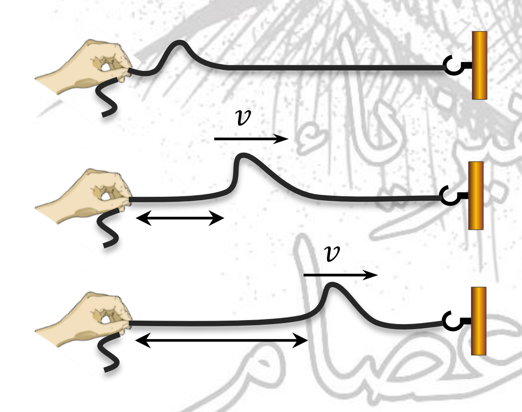
لاحظ:

إذا رمزنا للقمة بالرمز (M) وللقاع بالرمز (N) وكانت المسافة بين:

- قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين: المسافة = الطول المجي $(\lambda = x)$.
- قمة وقاع متتاليين أو قاع وقمة متتاليين: المسافة = نصف الطول الموجي $(\lambda = 2x)$.
- قمتين غير متتاليتين أو قاعين غير متتاليين: عدد الأمواج = الفرق بين رقم القمتين أو رقم القاعين.
- قمة وقاع غير متتاليين: فإن عدد الأمواج = (الفرق بين رقم القمة ورقم القاع) + 0.5
- قاع وقمة غير متتاليين: فإن عدد الأمواج = (الفرق بين رقم القاع ورقم القمة) - 0.5

تجربة لتوضيح الموجات المرتحلة

الخطوات:



① ثبِّت أحد طرفيّ حبل طويل في حائط رأسي وحرّك طرفه الآخر رأسيًا لأعلى ولأسفل مرّة واحدة.

الملاحظة: تتولّد في الحبل موجة على شكل نبضة.

② استمر في تحريك يدك لأعلى ولأسفل.

الملاحظة: تتولّد في الحبل موجات متواصلة (قطارًا من الموجات) تُسمى (الموجات المرتحلة).

لاحظ:

الشغل الذي يبذله المصدر المهتز على الوتر ينتقل على هيئة:

① طاقة وضع: تتمثّل في شدّ الوتر.

② طاقة حركة: تتمثّل في اهتزاز الوتر.

النبضة	• هي اضطراب فردي على شكل نصف موجة مثل قمة أو قاع أو تضاغط أو تخلخل.
الطول الموجي	• المسافة بين أي نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور (نفس الإزاحة ونفس الاتجاه). • المسافة التي تتحركها (تقطعها) الموجة خلال زمن دوري واحد. • أقر بُعد بين نقطتين متتاليتين مهتزتين بكيفية واحدة. • المسافة بين نقطة على الموجة وأقرب نقطة أخرى إليها تتحرك نفس سرعتها واتجاهها.
الطور	موضع واتجاه حركة جزئ من جزيئات الوسط عند لحظة معينة.
التردد	• عدد الأمواج التي تمر بنقطةٍ ما في مسار الحركة الموجية في زمن قدره واحد ثانية. • عدد الأطوال الموجية التي تقطعها الموجة المنتشرة في اتجاه معين في زمن قدره واحد ثانية.

من الشكل المقابل نجد أن:

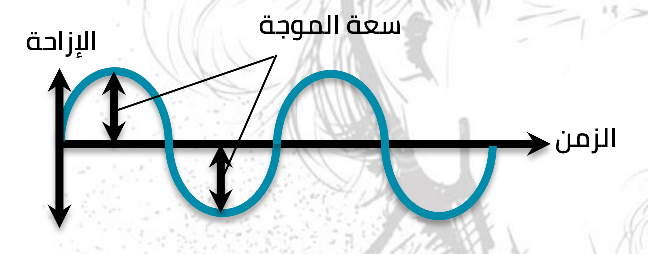
A, D لهما نفس الطور:

لأن الثقل عندها له نفس السرعة والاتجاه.

B, C ليس لهما نفس الطور:

لأن سرعة أحدهما C تزايدية بينما B تناقصية رغم أن الحركتين لهما نفس الاتجاه.

سعة الموجة



- هي أقصى إزاحة تصل إليها جزيئات الوسط المادي بعيدًا عن مواضع سكونها.
- تُقاس بوحدة المتر (m).
- المسافة الرأسية بين قمة وقاع موجة = 2 × سعة الموجة.
- سعة الموجة = $\frac{\text{المسافة الرأسية بين قمة وقاع موجة}}{2}$

لاحظ:

- **سعة الموجة:** هي نصف المسافة التي تفصل بين أبعد نقطتين يصل إليها الجسم المهتز.
- **سعة الموجة المستعرضة:** هي نصف المسافة العمودية بين القمة والقاع.
- **سعة الموجة الطولية:** هي كثافة المادة في موقعي التضاغط والتخلخل.
- عندما تزداد عدد الاهتزازات الحادثة في الثانية فإن المسافة بين قمم الموجات تقلّ.

ركز جيدًا:

- ينتشر الصوت في الهواء على شكل موجات طولية فقط لأنه عندما يهتز مصدر الصوت فإن جزيئات الهواء قابلة للاهتزاز والإزاحة على نفس خط انتشار الموجة على شكل تضاغطات وتخلخلات لضعف قوى التماسك.

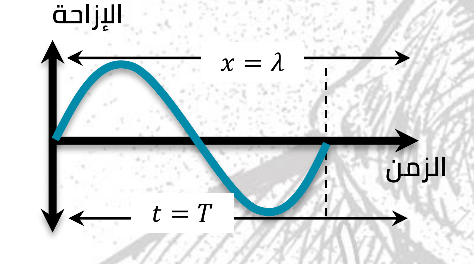
أو: لأن الموجات الطولية لكي تنتشر لابد من وجود جزيئات في الوسط تكون قابلة للاهتزاز والإزاحة وهذا الشرط متوفر في الهواء.

- ينتشر الصوت في الهواء على شكل موجات طولية فقط وليست مستعرضة لأنه لكي تحدث موجات مستعرضة يلزم وجود قوى تماسك بين جزيئات الوسط وقوى التماسك بين جزيئات الهواء ضعيفة.

- ينتشر الصوت في الجوامد والسوائل على شكل موجات طويلة ومستعرضة لأن شرط انتقال الصوت على هيئة موجات طولية هو وجود جزيئات في الوسط تكون قابلة للاهتزاز والإزاحة وهذا الشرط متوفر في المادة الجامدة والسائلة كما أن انتقال الصوت على هيئة موجات مستعرضة يلزم وجود قوى تماسك بين جزيئات الوسط وهذا الشرط متوفر في المادة الجامدة والسائلة.
- عند تحريك ماء في حوض بواسطة لوح من الخشب تحدث أمواج مستعرضة عند سطح الماء وأمواج طولية في قاع الحوض لأن عند السطح تتحرك جزيئات الماء لأعلى ولأسفل في اتجاه عمودي وذلك لكبر قوى التماسك بين جزيئات سطح الماء, بينما في القاع تتحرك في نفس اتجاه انتشار الموجة لانعدام قوى التماسك.

وجه المقارنة	الموجات المستعرضة	الموجات الطولية
شكل الموجة	λ λ	λ λ
اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط	عمودي على اتجاه انتشار الموجة.	على نفس انتشار الموجة.
التكوين	تتكوّن من قمم وقيعان.	تضاغطات وتخلخلات.
الطول الموجي	المسافة بين أي قمتين متتاليتين أو أي قاعين متتاليين.	المسافة بين مركزيَ أو تضاغطين متتاليين أو مركزيَ أي تخلخلين متتاليين.
أمثلة	الموجات على سطح الماء. الموجات المنتشرة في الأوتار.	موجات الصوت في الغازات. الموجات في باطن الماء.

العلاقة بين التردد والطول الموجي وسرعة انتشار الموجات



① عندما تنتقل موجة بسرعة v من مكان لآخر يبعد مسافة تعادل الطول الموجي λ فإن الموجة تستغرق زمنًا يساوي الزمن الدوري T.

② بما أن: $v = \frac{x}{T}$ وعندما يكون $x = \lambda, t = T$

③ بما أن: $\nu = \frac{1}{T}$

$$\therefore v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\therefore v = \lambda \cdot \nu$$

سرعة انتشار الموجة: هي المسافة التي تقطعها الموجة الثانية الواحدة في اتجاه انتشارها.

لاحظ:

① قانون انتشار الأمواج ($v = \lambda\nu$) وتنطبق هذه العلاقة على جميع الموجات.

$$v = \frac{x}{T} = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$$

② سرعة الموجة ثابتة في الوسط الواحد ولكنها تختلف من وسط لآخر (سرعة الموجة تعتمد على نوع الوسط).

$$v_1 = \lambda_1\nu_1, v_2 = \lambda_2\nu_2$$

وبالتالي: $\lambda_1\nu_1 = \lambda\nu_2$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}$$

ν

$slope = \nu\lambda$
$= v$

$\frac{1}{\lambda}$

③ لا تتوقف سرعة انتشار موجة في وسط على التردد أو الطول الموجي.

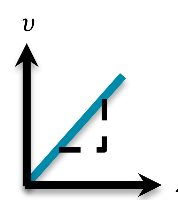
④ الطول الموجي يتناسب عكسيًا مع التردد عند ثبوت سرعة انتشار الموجة.

⑤ عند انتقال موجة من وسط إلى وسط آخر يظل ترددها ثابتًا (تردد الموجة تعتمد على المصدر).

$v_1 = v_2$

وبالتالي: $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$



$slope = v \div \lambda$
$= v$

⑥ الطول الموجي يتناسب طرديًا مع سرعة انتشار الموجة عند ثبوت التردد.

⑦ سرعة الصوت في المواد الصلبة > سرعته في المواد السائلة > سرعته في المواد الغازية.

مسائل محلولة

① موجة مستعرضة المسافة بين القمة الأولى والسادسة عشرة $105\ m$ والزمن الذي يمضي بين مرور الأولى والسادسة عشرة $0.375\ s$ احسب:

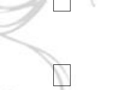
☐ الطول الموجي. ☐ تردد الموجة. ☐ الزمن الدوري.

الحل:

☐

$n = 16 - 1 = 15$ موجة

$$\lambda = \frac{x}{n} = \frac{105}{15} = 7\ m$$



$$v = \frac{n}{t} = \frac{15}{0.375} = 40\ Hz$$

$$T = \frac{1}{v} = \frac{1}{40} = 0.025\ s$$

② احسب تردد موجات ضوء تنتشر في الفضاء بسرعة 300 ألف كيلو متر/ث

علمًا بأن طول موجة الضوء 6000 أنجستروم.

الحل:

$$v = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{6000 \times 10^{-10}} = 0.5 \times^{15} Hz$$

③ نغمتان ترددهما $425, 680\ Hz$ فإذا كان الطول الموجي للموجة الثانية يزيد عن الطول الموجي للموجة الأولى بمقدار $30\ cm$ احسب سرعة الصوت في الهواء.

الحل:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\frac{680}{425} = \frac{\lambda_1 + 0.3}{\lambda_1} \qquad ,680\ \lambda_1 = 425\ \lambda_1 + 127.5$$

$$680\ \lambda_1 - 425\ \lambda_1 = 127.5 \qquad ,225\ \lambda_1 = 127.5$$

$$\lambda_1 = 127.5 \div 255 = 0.5\ m$$

$$v = \lambda v = 680 \times 0.5 = 340\ m/s$$

④ مصدر صوتي يُصدِر موجة صوتية ترددها $170\ Hz$ تنتشر في الهواء بسرعة $340\ m/s$ احسب الطول الموجي لهذه الموجة. وإذا علمت أنه عند ارتفاع درجة الحرارة زاد الطول الموجي بنسبة 10% احسب سرعة الصوت في الهواء حينئذٍ.

الحل:

$$v = \lambda \upsilon$$

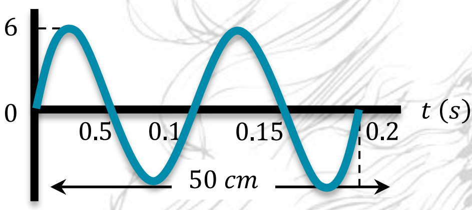
$$\lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{340}{170} = 2\ m$$

$$\lambda_2 = 2 + 0.2 = 2.2\ m$$

$$v_2 = \lambda_2 \upsilon = 2.2 \times 170 = 374\ m/s$$

⑤ من الشكل المقابل، احسب:

- ☐ الطول الموجي.
- ☐ التردد.
- ☐ سعة الاهتزازة.



الحل:

$$\lambda = \frac{x}{n} = \frac{50 \times 10^{-2}}{2} = 0.25\ m$$

$$\upsilon = \frac{n}{t} = \frac{2}{0.2 \times 10^{-3}} = 10000\ Hz$$

$$A = 6 \times 10^{-2} = 0.06\ m$$

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① إذا كان طول الموجة الصوتية التي يصدرها مصدر صوتي مهتز هو $0.5\ m$ وتردد النغمة $666\ Hz$ تكون سرعة انتشار الصوت في الهواء ....

☐ $338\ m/s$　☐ $333\ m/s$　☐ $330\ m/s$　☐ $346\ m/s$

② ضوء طوله الموجي $6000\ \text{Å}$ $(1\ Angstrom\ (\text{Å}) = 10^{-10})$ ينتشر في الفضاء بسرعة $300 \times 10^3\ km/s$ يكون تردده هو ....

☐ $4 \times 10^{10}\ Hz$　☐ $4 \times 10^{14}\ Hz$　☐ $5 \times 10^{14}\ Hz$　☐ $5 \times 10^{12}\ Hz$

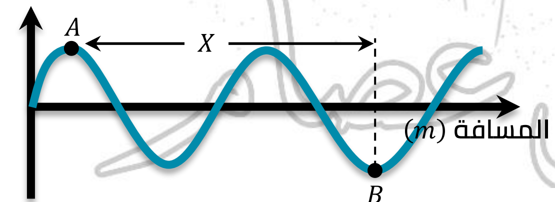
③ موجتان ترددهما $256\ Hz, 512\ Hz$ تنتشران في وسط معيّن تكون النسبة بين طوليهما الموجيين هي ...

☐ $\frac{2}{1}$　☐ $\frac{1}{2}$　☐ $\frac{3}{1}$　☐ $\frac{1}{3}$

④ يوضح الرسم البياني حركة موجية طولها الموجي (λ) ماذا تمثل المسافة الأفقية (x) بين النقطتين (B, A)؟

☐ λ　☐ 2λ

☐ $\frac{2\lambda}{3}$　☐ $\frac{3\lambda}{2}$



٥ يمثّل الرسم البياني العلاقة بين إزاحة جزئ مـن جزيئـات الوسط خلال زمن معيّن (d) والمسافة (x) التـي تقطعها الموجة خلال نفس الزمن.



أيّ الاختيارات الآتية تمثل سعة الموجة والطول الموجي؟

	سعة الموجة	الطول الموجي
☐	المسافة KL	المسافة nm
☐	نصف المسافة KL	ضِعف المسافة nm
☐	ضِعف المسافة KL	المسافة nm
☐	نصف المسافة KL	نصف المسافة nm

٦ مصدر صوتي يصنع 60 اهتزازة في زمن $1.5\ s$ وتنتشر الموجة الناتجة في الهواء بسرعة $340\ m/s$، فإن المسافة بين مركزيّ تضاغط وتخلخل متتاليين يساوي ....

☐ $2.8\ m$ ☐ $4.25\ m$ ☐ $5.67\ m$ ☐ $8.5\ m$

٧ الموجات المستعرضة هي موجات تتكوّن من ....

☐ تضاغطات وتخلخلات.

☐ قمم وقيعان.

☐ قمم وقيعان وتتحرك فيها جزيئات الوسط لمسافات قصيرة حول مواضع سكونها في اتجاه عمودي على اتجاه انتشارها.

☐ تضاغطات وتخلخلات وتتحرك فيها جزيئات الوسط لمسافات قصيرة حول مواضع سكونها على نفس خط انتشار الحركة الموجية.

٨ من الرسم البياني المقابل:

فإن الطول الموجي للموجة المستعرضة يساوي ....

☐ $0.25\ m$ ☐ $0.15\ m$

☐ $0.2\ m$ ☐ $0.3\ m$

٩ تُسمى نصف المسافة الرأسية بين القمة والقاع لموجة مستعرضة بـ ....

☐ التردد. ☐ الطول الموجي. ☐ سعة الموجة. ☐ الإزاحة.

١٠ من الرسم البياني الذي أمامك:

يكون الطول الموجي للموجة المستعرضة هو ....

☐ $10\ m$ ☐ $50\ m$

☐ $25\ m$ ☐ $12.5\ m$

١١ إذا كانت المسافة بين نقطتين متتاليتين متفقين في الطور لموجة تساوي $50\ cm$ فإن الطول الموجي لهذه الموجة يساوي ....

☐ $12.5\ cm$ ☐ $25\ cm$ ☐ $50\ cm$ ☐ $100\ cm$

(١٢) في الشكل الموضح موجة ترددها $50\ Hz$ يكون الزمن اللازم لمرور الموجة بين النقطتين A, B ....

☐ $15\ ms$ ☐ $20\ ms$
☐ $25\ ms$ ☐ $30\ ms$

(١٣) تنتقل موجة خلال زمن دوري (T) مسافة .... الطول الموجي.

☐ نصف ☐ تساوي ☐ ضِعف ☐ ربع

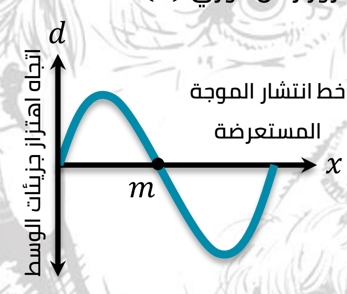
(١٤) موجتان ترددهما $600\ Hz, 300\ Hz$ تنتشران في الهواء فتكون النسبة بين سرعتيهما هي ....

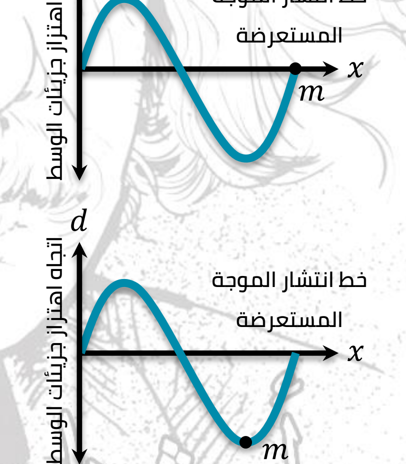
☐ $\frac{2}{1}$ ☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{1}{3}$

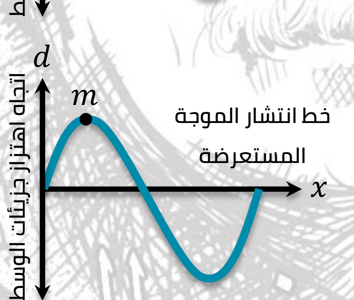
(١٥) إذا كان الزمن الذي يمضي بين مرور القمة الأولى والقمة العاشرة بنقطة في مسار الحركة الموجية هو $0.2\ s$ فإن تردد المصدر يكون ....

☐ $55\ Hz$ ☐ $50\ Hz$ ☐ $45\ Hz$ ☐ $60\ Hz$

(١٦) يوضح الشكل موجة مستعرضة، يمثّل m جزئ من جزيئات الوسط، أي الأشكال التالية يمثل موضع الجزئ (m) بعد مرور زمن دوري (T)؟

☐


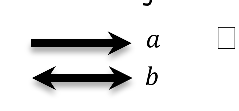
☐ ☐


☐


(١٧) موجة صوتية ترددها $330\ Hz$ تنتشر في هواء بارد بسرعة $330\ m/s$، فإذا انتقلت إلى هواء ساخن زاد طولها الموجي بمقدار 2%، فإن ....

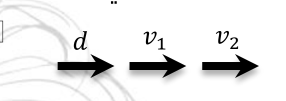
	سرعة الموجة في الهواء الساخن (m/s)	النسبة المئوية للتغيّر في السرعة
☐	323.4	1%
☐	323.4	2%
☐	336.6	1%
☐	336.6	2%

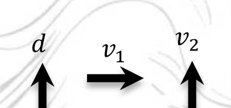
(١٨) الشكل المعبّر عن اتجاه اهتزاز جزيئات وسط (a) بالنسبة لاتجاه الانتشار (b) لموجة مستعرضة في هذا الوسط هو ....

- ☐ 

- ☐ a b
- ☐ b a
- ☐ b a

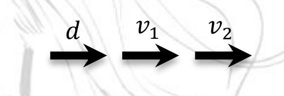
(١٩) أفضل مخطط اتجاهي يوضع العلاقة بين اتجاه كل من سرعة انتشار الموجات وسرعة اهتزاز جزيئات الوسط والإزاحة الحادثة لها في حالة الموجات المستعرضة ....

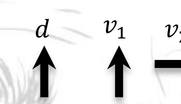
- ☐ 

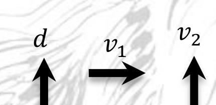
- ☐ d v_1 v_2
- ☐ 

- ☐ d v_1 v_2

(٢٠) أفضل مخطط اتجاهي يوضع العلاقة بين اتجاه كل من سرعة انتشار الموجات وسرعة اهتزاز جزيئات الوسط والإزاحة الحادثة لها في حالة الموجات الطولية ....

- ☐ 

- ☐ 

- ☐ 

- ☐ d v_1 v_2

(٢١) عند انتقال موجة بين وسطين مختلفين، فإن ....

	سرعة الموجة	تردد الموجة
☐	تظل ثابتة	يظل ثابت
☐	تظل ثابتة	يتغيّر
☐	تتغيّر	يظل ثابت
☐	تتغيّر	يتغيّر

(٢٢) حبل أفقي ربط أحد طرفيه في الفرع السفلي لشوكة رنّانة أفقية ثم طرق فرع الشوكة فأحدثت الشوكة اضطرابين أحدهما في الحبل والآخر في الهواء مكوّنة موجات ميكانيكية نوعها ....

	في الحبل	في الهواء
☐	طولية	مستعرضة
☐	طولية	طولية
☐	مستعرضة	مستعرضة
☐	مستعرضة	طولية

(٢٣) انتقلت موجة صوتية من الهواء إلى الحديد، فإذا كانت النسبة بين سرعة الصوت في الهواء وسرعته في الحديد هي $\frac{3}{44}$ وكان طول الموجة الصوتية في الهواء $57.6\ cm$، فإذا كان الطول الموجي للموجة الصوتية في الحديد يساوي ....

- ☐ $4.9\ cm$
- ☐ $172.8\ cm$
- ☐ $533.5\ cm$
- ☐ $844.8\ cm$

(٢٤) ألقي حجر في بركة ماء ساكنة فأحدث 100 موجة في زمن $20\ s$ وكان قُطر الدائرة الخارجية للاضطراب $8\ m$ فإن ....

	تردد الموجة (Hz)	سرعة الموجة (m/s)
☐	5	0.02
☐	5	0.2
☐	2	2
☐	2	2.5

(٢٥) موجة ترددها $100\ Hz$ وطولها الموجي $20\ cm$ تنتشر في وسطٍ ما, فإذا انتقلت إلى وسط آخر وكانت سرعتها فيه $30\ m/s$, فإن ....

	التردد في الوسط الثاني (Hz)	الطول الموجي في الوسط الثاني (cm)
☐	10^2	20
☐	10^2	30
☐	3×10^{-3}	20
☐	3×10^{-3}	30

(٢٦) إذا كانت النسبة بين تردد صوت رجل وتردد صوت فتاة $\frac{3}{4}$ فتكون النسبة بين سرعة صوت الرجل وسرعة صوت الفتاة في الهواء تساوي ....

☐ $\frac{3}{4}$ ☐ $\frac{4}{3}$ ☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{9}{16}$

(٢٧) أيّ العبارات التالية ليس صحيح دائمًا بالنسبة للموجات الميكانيكية؟

☐ تتكوّن نتيجة حدوث اضطراب في الوسط.

☐ تهتز فيها جزيئات الوسط لأعلى ولأسفل على شكل موجة جيبية.

☐ تنقل الطاقة في اتجاه انتشارها.

☐ تحتاج وسط مادي تنتشر خلاله.

(٢٨) عند اهتزاز شوكتين رنّانتين مختلفتين في التردد في الهواء, فإن الموجتين الصادرتين منهما ....

☐ مختلفتان في الطول الموجي. ☐ مختلفتان في التردد.

☐ متساويتان في السرعة. ☐ جميع ما سبق.

(٢٩) الاختلاف في الطور بين القمة والقاع يُعادل ....

☐ $360°$ ☐ $180°$ ☐ $90°$ ☐ $45°$

(٣٠) الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين سرعة موجتين مختلفتين (B, A) والطول الموجي لهما عند انتشارهما في أوساط مختلفة, فيكون ....

v A B λ

☐ $v_A < v_B$ ☐ $v_A > v_B$

☐ $\lambda_A = \lambda_B$ ☐ $\lambda_A > \lambda_B$

(٣١) إذا قلّ تردد الموجة في وسطٍ ما للنصف فإن ....

☐ طولها الموجي يزداد للضِعف. ☐ طولها الموجي يقلّ للنصف.
☐ سرعتها تقلّ للنصف. ☐ سرعتها تزداد للضِعف.

(٣٢) موجة ضوئية تنتقل من الهواء إلى الزجاج فإذا نقصت سرعتها فإن ....

☐ تردد الموجة يزداد. ☐ طول الموجة يزداد.
☐ تردد الموجة ينقص. ☐ طول الموجة ينقص.

(٣٣) موجة صوتية تنتشر في الهواء, إذا نقص ترددها فإن ....

☐ سرعة انتشارها الموجة تزداد. ☐ طول الموجة يزداد.
☐ سرعة انتشار الموجة تنقص. ☐ طول الموجة ينقص.

(٣٤) عند تحريك طرف ملف زنبركي طويل ليصنع موجة مستعرضة طولها الموجي 30 cm وزمنها الدوري 0.1 s, ثم تحريكه ليصنع موجة طولية زمنها الدوري 0.2 s ولها نفس سرعة الموجة المستعرضة, فإن الطول الموجي للموجة الطولية هو ....

☐ 7.5 cm ☐ 15 cm ☐ 30 cm ☐ 60 cm

(٣٥) انتقلت موجة من الهواء إلى الماء فإذا كانت سرعة انتشارها في الهواء والماء 340 m/s, 1360 m/s, على الترتيب, وترددها في الهواء 512 Hz, فإن تردد الموجة في الماء يساوي ....

☐ 128 Hz ☐ 256 Hz ☐ 512 Hz ☐ 2048 Hz

(٣٦) جعلت ساق تهتز 4 مرّات في الثانية بدلًا من 2 في نفس الوسط, يؤدي هذا إلى أن تغيّر الموجات ....

☐ ترددها فقط. ☐ ترددها وطولها الموجي.
☐ سرعتها وترددها. ☐ سرعتها وطولها الموجي.

(٣٧) في الشكل المقابل راديو يرسل موجات صوتية, ماذا تُمثل المسافة بين النقطتين (2,1)؟

2
1

☐ التردد. ☐ سعة الموجة.
☐ السرعة. ☐ الطول الموجي.

(٣٨) موجة مستعرضة المسافة الرأسية بين قمة وقاع فيها تساوي المسافة الأفقية بين قمة وقاع متتاليين, فإذا كانت سرعة الموجة 3.2 m/s وترددها 16 Hz, فإن سعة الموجة تساوي ....

☐ 0.5 m ☐ 0.2 m ☐ 0.1 m ☐ 0.05 m

(٣٩) إذا كانت الفترة الزمنية بين رؤية شخص للضوء الصادر من عاصفة رعدية على بُعد 6 km منه وسماع صوت الرعد وهي 18.74998, فإن سرعة الصوت في الهواء هي ....

(علمًا بأن: سرعة الضوء في الهواء = 3×10^8 m/s)

☐ 360 m/s ☐ 340 m/s ☐ 330 m/s ☐ 320 m/s

(٤٠) في الشكل المقابل الطول الموجي لهذه الموجة الطولية تساوي ....

A B C D E

☐ AC ☐ $AB \times 2$
☐ $AE \div 2$ ☐ جميع ما سبق

41. إذا كان تردد صوت الرجل أقل من تردد صوت المرأة, فإن النسبة بين سرعة صوت الرجل إلى سرعة صوت المرأة في نفس الوسط ....
- ☐ أقل من الواحد الصحيح.
- ☐ أكبر من الواحد الصحيح.
- ☐ تساوي الواحد الصحيح.
- ☐ أقل من أو تساوي الواحد الصحيح.

42. في العلاقة: $\lambda = v \div 0.04$, إذا كانت المسافة بين قمة وقاع متتاليين $2\ m$ فإن سرعة الموجة ....
- ☐ $2\ m/s$
- ☐ $0.16\ m/s$
- ☐ $320\ m/s$
- ☐ $0.1\ m/s$

44. الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين تردد موجة (v) وطولها الموجي (λ) لعدة شوكات رنّانة تهتز في الهواء, فتكون قيمة x هي ....
- ☐ $0.8\ m$
- ☐ $1.2\ m$
- ☐ $1.6\ m$
- ☐ $2\ m$

45. موجة مستعرضة المسافة الرأسية بين قمة وقاع فيها تساوي المسافة الأفقية بين قمة وقاع متتاليين, فإذا كانت سرعة الموجة $3.2\ m/s$ وترددها $16\ Hz$, فإن سعة الموجة تساوي ....
- ☐ $0.5\ m$
- ☐ $0.2\ m$
- ☐ $0.1\ m$
- ☐ $0.05\ m$

46. في الموجات التي أمامك:
النقاط التي لها نفس الطور هي ....
- ☐ a, b, c
- ☐ a, b
- ☐ b, c
- ☐ b, d

47. جميع الأشكال البيانية التالية تمثّل علاقات صحيحة, عدا ....
- ☐ (v مقابل λ)
- ☐ (λ مقابل v)
- ☐ (v مقابل T)
- ☐ (v مقابل v)

48. انتقلت موجة صوتية من الهواء إلى الماء فإذا كان الطول الموجي في الهواء والماء على الترتيب هو $2.1\ m, 0.5\ m$, إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء $330\ m/s$, فإن سرعة الصوت في الماء ....
- ☐ $1420\ m/s$
- ☐ $1386\ m/s$
- ☐ $1320\ m/s$
- ☐ $963\ m/s$

49. سقطت قرة ماء على سطح ماء بحيرة ساكن فتكوّنت 120 موجة خلال نصف دقيقة فإذا علمت أن نصف قطر الحركة الاهتزازية للشوكة في الحالة الثانية ....
- ☐ $0.01\ m/s$
- ☐ $0.1\ m/s$
- ☐ $0.5\ m/s$
- ☐ $1\ m/s$

50. شوكة رنّانة اهتزّت 480 اهتزازة في الدقيقة واهتزت مرّة أخرى اهتزازتين في الثانية فإن الموجة الناتجة عن الحركة الاهتزازية للشوكة في الحالة الثانية ....
- ☐ تزداد سرعتها وطولها الموجي لأربعة أمثاله.
- ☐ تظل سرعتها ثابتة ويقل طولها الموجي للربع.
- ☐ تظل سرعتها ثابت ويزداد طولها الموجي لأربعة أمثاله.
- ☐ تقل سرعتها وطولها الموجي للربع.

51. من الشكل البياني المقابل تكون سرعة الموجة هي ....

☐ $0.2\ cm/s$
☐ $0.4\ cm/s$
☐ $6\ cm/s$
☐ $8\ cm/s$

.52 عندما يزداد الزمن الدوري لحركة موجية في وسطٍ ما, فإن ...

☐ الطول الموجي يزداد. ☐ الطول الموجي يقل. ☐ السرعة تزداد. ☐ السرعة تقل.

.53 مطرقة تضرب إحدى نهايتيّ أنبوبة طويلة جدًا, وهناك كاشف عند النهاية الأخرى للأنبوبة التقط صوتين يفصل بينهما فترة زمنية قدرها $2\ s$, فإذا كانت سرعة الصوت في الهواء $320\ m/s$, وسرعة الصوت في المعدن $5000\ m/s$, فإن طول الأنبوبة المعدنية ....

☐ $177.78\ m$ ☐ $342.65\ m$ ☐ $490.24\ m$ ☐ $683.76\ m$

.54 عندما يُرن جرس المدرسة فإن صوته يصل إلى أذن الطلّاب على شكل موجات ....

☐ طولية. ☐ مستعرضة. ☐ طويلة ومستعرضة. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة

.55 مصدر صوتي يصنع 60 اهتزازة في زمن $1.5\ s$ وتنتشر الموجة الناتجة في الهواء بسرعة $340\ m/s$, فإن المسافة بين مركزيّ تضاغط وتخلخل متتاليين يساوي ....

☐ $2.8\ m$ ☐ $4.25\ m$ ☐ $5.67\ m$ ☐ $8.5\ m$

.56 عندما يتضاعف الطول الموجي لموجة تنتشر في وسطٍ ما, فإن سرعتها في هذا الوسط .....

☐ تزداد للضِعف. ☐ تقل للضِعف. ☐ تقلّ للربع. ☐ تظل ثابتة.

.57 إذا انتقلت موجة من وسط لآخر ولوُحظ حدوث تباعد بين قمم الموجات, هذا يعني ....

☐ نقص التردد. ☐ زيادة سرعة الموجة. ☐ زيادة سعة الموجة. ☐ نقص سرعة الموجة.

.58 النقطة A على الموجة الموضحة بالشكل سوف تصبح قاع بعد $1.5\ s$ فيكون الزمن الدوري لهذه الموجة هو ....

اتجاه حركة الموجة
A

☐ $2\ s$ ☐ $4\ s$
☐ $6\ s$ ☐ $8\ s$

.59 سقط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين شفافين, فإذا كانت النسبة بين سرعة الموجة الضوئية في الوسطين هي $3 : 2$ على الترتيب, فإن النسبة بين تردد الموجة الضوئية في الوسطين تساوي ....

☐ $\frac{3}{2}$ ☐ $\frac{2}{3}$ ☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{1}{3}$

.60 تردد الموجة المنتشرة في وسط ما يحدده ....

☐ طبيعة الوسط. ☐ طبيعة المصدر. ☐ سرعة الموجة. ☐ لا توجد إجابة صحيحة.

.61 موجة تنتشر في الهواء زاد طولها الموجي بمقدار 25% فإن ترددها ....

☐ لا يتغيّر. ☐ يزداد بمقدار 25% ☐ يقل بمقدار 25% ☐ يقل بمقدار 20%

.62 الشكل المقابل يوضح موجة تتحرك في وسط x ثم تنتقل إلى وسط آخر y، فتكون النسبة بين سرعة الموجة في الوسط x وسرعتها في الوسط y ....

السطح الفاصل
x y

- ☐ أكبر من الواحد.
- ☐ أقل من الواحد.
- ☐ تساوي الواحد.
- ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

مسائل مختارة من الكتاب المدرسي

① إذا كان طول الموجة الصوتية التي يصدرها قطار $0.6\ m$ وتردد النغمة الصادرة $550\ Hz$ فما سرعة انتشار الموجات الصوتية في الهواء.

$(330\ m/s)$

② إذا كان عدد موجات الماء التي تمر بنقطة معينة في زمن قدره واحد ثانية هو 12 موجة وكان طول الموجة الواحدة $0.1\ m$ احسب سرعة انتشار الموجات.

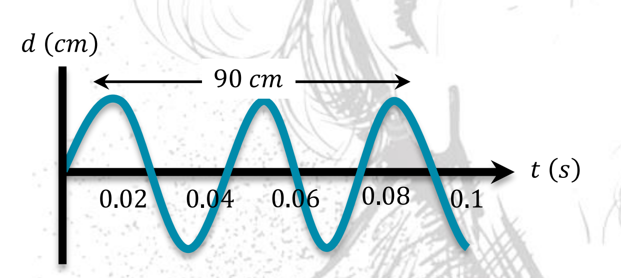
$(1.2\ m/s)$

③ تنتشر موجات الضوء في الفضاء بسرعة تساوي 300 ألف كيلو متر في الثانية $(3 \times 10^8\ m/s)$ فإذا كان طول موجة الضوء $5000\ \text{Å}$ فما هو تردد الضوء؟ $(1\ Angstrom = 10^{-10} m)$

$(6 \times 10^{14}\ Hz)$

مسائل مختارة من امتحانات المدارس نظام قديم

① الشكل المقابل يوضح العلاقة بين الإزاحة بالسنتيميتر والزمن بالثواني لموجة مستعرضة، احسب:



- ☐ الطول الموجي.
- ☐ سرعة انتشار هذه الموجة

② تولّد موجة في وتر وكان ترددها $10\ Hz$ والطول الموجي لها $0.5\ m$ احسب:

- ☐ سرعة الموجة خلال الوتر.
- ☐ الطول الموجي عندما يزداد التردد إلى $30\ Hz$

$(5\ m/s, 0.17\ m)$

③ إذا كانت سرعة أمواج الماء التي تمر بنقطة معينة $1.5\ m/s$ ويمر بتلك النقطة 30 موجة في $1\ s$ احسب عدد الموجات في مسافة قدرها $60\ m$.

(1200 موجة)

④ أُلقيّ حجر في بحيرة فتكوّنت 50 موجة بعد 5 ثوانٍ من اصطدام الحجر بالماء وكان نصف قُطر الدائرة الخارجية $2\ m$ أوجد:

- ☐ طول الموجة.
- ☐ التردد.
- ☐ سرعة انتشار الموجة.
- ☐ الزمن الدوري.

$(0.04\ m, Hz, 0.4\ m/s, 0.1\ s)$

⑤ شوكتان رنانتان ترددهما $480,512\ Hz$, احسب الفرق بين الطول الموجي لهما علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء $320\ m/s$

$(0.041\ m)$

⑥ جسم مهتز يصدر صوتًا ويُحدِث اهتزازة كاملة كل $0.02\ s$ فيصل الصوت إلى شخص علـى بُعد $170\ m$ مـن الجسـم بعد مرور $0.5\ s$ من إصدار الصوت, احسب المسافة بين مركز التضاغط الأول ومركز التخلخل الثاني.

$(1.2\ m/s)$

⑦ موجة صوتية ترددها $900\ Hz$, الطول الموجي لها في الهواء $0.4\ m$ وفي الماء $1.6\ m$, احسب:

- ☐ النسبة بين سرعة الصوت في الهواء إلى سرعته في الماء.
- ☐ سرعة الصوت في كل وسط.

$(1 : 4\ , 360\ m/s, 1440\ m/s)$

مسائل مختارة من الكتاب المدرسي

① سفينة تبعُد عن الشاطئ مسافة 3.6 تُصدر صافرة ترددها $300\ Hz$ يسمعها شخص على الشاطئ بعد مضيّ $12\ s$ من انطلاقها, احسب الطول الموجي الحادثة للصوت الصادر من الصافرة.

$(1\ m)$

② تنتشر حركة موجية ذات تردد ثابت بين وسطين مختلفين فإذا كان طولها المـوجي فـي الوسـط الأول $6\ cm$ وفي الوسط الآخر $4\ cm$ احسب النسبة بين سرعة انتشارها في كل من الوسطين.

$(3 : 2)$

③ إذا كان طول الموجة الصوتية التي يمكن أن تميزها الأذن تنحصر بين $1.6\ cm, 10\ m$ فأوجد النهايتين العظمى والصغر لمدى الترددات المسموعة إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء $320\ m/s$

$(20000\ Hz, 32\ Hz)$

④ احسب عدد الموجات الكاملة التي تُحدثها شوكة رنّانة منذ بداية اهتزازها حتى يصل صوتها إلى شخص يبعُد عنها مسافة $5\ m$ علمًا بأن تردد الشوكة $512\ Hz$ وسرعة الصوت $320\ m/s$

(8 موجات)

مسائل عامة للتدريب

① موجة مستعرضة تنتشر في حبل مثبّت من أحد طرفيه بسرعة $12\ m/s$ وكان ترددها $4\ Hz$, احسب المسافة بين كل قمة والقاع التالي لها, وما المسافة بين القمة الأولى والقمة الثامنة؟

$(1.5\ m, 21\ m)$

② يتحرك جسم حركة توافقية بسيطة سعة اهتزازها $10\ cm$, احسب مقدار إزاحته بعد مضيّ زمن يُعادل:

(1) ربع الزمن الدوري للحركة. $(10\ cm)$

(2) نصف الزمن الدوري للحركة. (0)

③ إذا كان طول الموجة الصوتية التي يمكن أن تميزها الأذن تنحصر بين $1.6\ cm, 10\ m$ فأوجد النهايتين العظمى والصغر لمدى الترددات المسموعة إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء $320\ m/s$

$(20000\ Hz, 32\ Hz)$

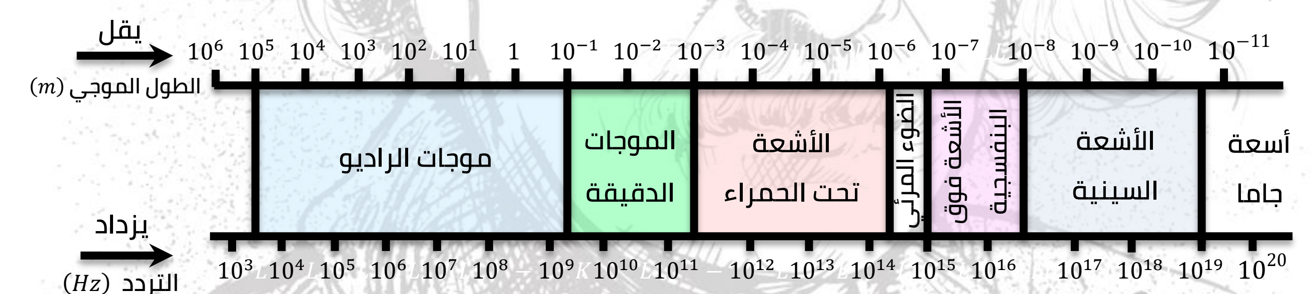


- الضوء هو أحد صور الطاقة التي لا يَستغنى عنها الإنسان.
- الشمس هي أحد المصادر الطبيعية للطاقة, والتي تنقسم معظم طاقتها إلى ضوء وحرارة.
- لولا ضوء الشمس لما استطاعت النباتات أنْ تقوم بعملية البناء الضوئي, ما كان الإنسان يجد غذاءه الذي يحصل عليه من النبات والحيوان الذي يتغذى أيضًا على النبات.

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية

١) تتكوّن من مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية مهتزة بتردد معيّن ومتفقة في الطور ومتعامدة على بعضها وعلى اتجاه انشتار الموجة.
٢) تنتشر في الأوساط المادية والفراغ (الفضاء).
٣) تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة قدرها $3 \times 10^8\ m/s$
٤) جميعها موجات مستعرضة.
٥) لها مدى واسع من الموجات التي تختلف في التردد والطول الموجي ويُسمى هذا المدى الطيف الكهرومغناطيسي ويشمل:

- موجات الراديو.
- الموجات الدقيقة (موجات الميكروويف).
- موجات الأشعة تحت الحمراء.
- موجات الضوء المنظور.
- موجات الأشعة فوق البنفسيجية.
- موجات الأشعة السينية.
- موجات أشعة جاما.



لاحظ:

١) جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية هي (طيف غير منظور) ما عدا الضوء المرئي فهو (طيف منظور).
٢) الضوء المرئي جزء محدود من الطيف الكهرومغناطيسي.
٣) سرعة الضوء في الفراغ من الثوابت الكونية وتساوي $3 \times 10^8\ m/s$ وهي أكبر من سرعته في أيّ وسط مادي.
٤) تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن بعضها في الخواص الفيزيائية لاختلاف تردداتها وأطوالها الموجية.

خصائص موجات الضوء

- ينتشر الضوء في جميع الاتجاهات في خطوط مستقيمة ما لم يصادفه وسط عائق.
- إذا صادف الضوء عائق فإنه يُعاني انعاكسًا أو انكسارًا أو امتصاصًا بنسب مختلفة حسب طبيعة الوسط العائق.
- عند سقوط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية فإن جزءًا منه ينعكس والجزء الآخر ينكسر (مع إهمال الجزء الممتص).
- يمكن اختصار خصائص موجات الضوء في (الانعكاس/ الانكسار/ التداخل/ الحيود).

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① جميع الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ يكون لها نفس ....

- ☐ الاتجاه.
- ☐ التردد.
- ☐ الطول الموجي.
- ☐ السرعة.

② موجات الضوء يمكنها أنْ ....

- ☐ تتداخل وتحيد.
- ☐ تتداخل ولا تحيد.
- ☐ تحيد ولا تتداخل.
- ☐ لا توجد إجابة صحيحة.

③ من خصائص موجات الضوء ....

- ☐ الانتشار في خطوط مستقيمة.
- ☐ الانتشار في جميع الاتجاهات.
- ☐ الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.
- ☐ جميع ما سبق.

④ تتكوّن الأمواج الكهرومغناطيسية من مجالين أحدهما كهربي والآخر مغناطيسي بحيث يتصفان بـ ....

- ☐ متعامدان على بعضهما البعض.
- ☐ متوازيان دائمًا.
- ☐ لهما نفس السعة.
- ☐ بحاجة لوسط ينتقلان من خلاله.

⑤ الجدول المقابل يعبّر عن الأطوال الموجية لجزء من الطيف الكهرومغناطيسي في الهواء، فيكون ....

الطيف	الطول الموجي
الضوء المرئي	M
أشعة جاما	Y
الأشعة السينية	Z

- ☐ $M < Z < Y$
- ☐ $Y < Z < M$
- ☐ $Y < Z = Y$
- ☐ $Y = Z > M$

⑥ مِن أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي وهي الأعلى ترددًا ....

- ☐ السينية.
- ☐ المرئية.
- ☐ الميكروويف.
- ☐ جاما.

⑦ أيٌّ من العبارات التالية صحيحة حول سرعة أشعة جاما وموجات الراديو في الفراغ؟

- ☐ أشعة جاما أسرع من موجات الراديو.
- ☐ موجات الراديو أسرع من أشعة جاما.
- ☐ يتحركان بنفس السرعة في الفراغ.
- ☐ سرعتهما تعتمد على ترددهما في الفراغ.

⑧ موجات الضوء في الفراغ لها نفس ....

- ☐ السعة.
- ☐ السرعة.
- ☐ التردد.
- ☐ الطول الموجي.

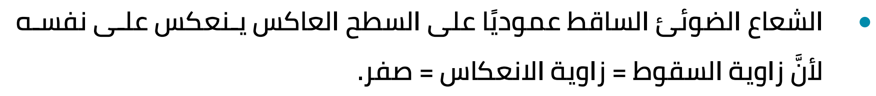
انعكاس الضوء

- عند سقوط الضوء في وسطٍ ما على سطح عاكس فإنه يرتد في نفس الوسط وتُسمى هذه الظاهرة انعكاس الضوء.
- يخضع انعكاس الضوء لقانونين هما:

القانون الأول: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.

القانون الثاني: الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس.

لاحظ:





- الشعاع الضوئي الساقط عموديًا على السطح العاكس ينعكس على نفسه لأنَّ زاوية السقوط = زاوية الانعكاس = صفر.
- تسهّل رؤية صورتك المنعكسة على زجاج نافذة حجرة مضيئة ليلًا عندما يكون خارج زجاج الحجرة ظلام شديد في حين يصعب تحقيق ذلك نهارًا عندما يكون خارج الحجرة مضيئًا لأنه عندما يكون خارج الغرفة ظلام شديد تكون شدة الضوء النافذ من الخارج إلى داخل الغرفة تكاد تكون منعدمة لذلك يرى الشخص صورته بفعل الجزء القليل المنعكس من الضوء داخل الغرفة على الزجاج وعندما يكون خارج الغرفة مضيئًا تكون شدة الضوء النافذ من الخارج إلى الداخل أكبر من شدة الضوء المنعكس من داخل الغرفة لذلك تصعب رؤية الشخص لصورته بالانعكاس.
- عند رسم العلاقة البيانية بين زاوية السقوط (ϕ_1) وزاوية الانعكاس (ϕ_2) بنفس مقياس الرسم ينتج خط مستقيم كما بالشكل المقابل وبالتالي فإن الميل = 1

ϕ_2 45° ϕ_1

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① أفضل شكل يمثّل الموجات الساقطة والمنعكسة على حاجز يصنع زاوية معينة مع اتجاه انتشار الموجات الساقطة هو ....



☐ ☐ ☐ ☐

② عندما ينعكس الضوء يكون ....

☐ زاوية السقوط أقل من زاوية الانعكاس. ☐ زاوية السقوط أكبر من زاوية الانعكاس.

☐ زاوية السقوط = زاوية الانعكاس. ☐ لا توجد إجابة صحيحة.

③ تختلف موجات الضوء الساقطة عن المنعكسة في ....

☐ التردد. ☐ اتجاه الانتشار. ☐ السرعة. ☐ الطول الموجي.

④ يستطيع شخصٍ ما وهو في غرفة معتمة أن يرى بوضوح شخصًا آخر في الخارج بالنهار، بينما لا يستطيع شخص في الخارج رؤية الشخص الموجود داخل الغرفة، لماذا يحدث ذلك؟

☐ لا يوجد ضوء كافٍ ينعكس عن الشخص الذي بداخل الغرفة.

☐ لا تستطيع الأشعة الضوئية المرور مرّتين من خلال النافذة.

☐ لا يمرّ الضوء الخارجي من خلال النافذة.

☐ شدّة أشعة الشمس ليست قوية مثل المصادر الأخرى للضوء.

⑤ الشكل المقابل يوضح شعاع ضوئي يسقط على سطح عاكس، فتكون زاوية انعكاسه ....

شعاع عاكس 140°

☐ 40° ☐ 50°

☐ 60° ☐ 90°

⑥ في الشكل المقابل سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية في الوضع (a) ثم أديرت المرآة بزاوية θ بحيث أصبح موضعها (b)، فإن الشعاع المنعكس سوف يدور بزاوية ....

☐ θ ☐ 2θ

☐ $\frac{\theta}{1}$ ☐ $\frac{\theta}{3}$

⑦ إذا سقط شعاع ضوئي على المرآة A بحيث كان موازيًا للمرآة B كما بالشكل:

(أ) ينعكس الشعاع عن المرآة A، ويسقط على المرآة B بزاوية سقوط تساوي ...

☐ $40°$ ☐ $50°$

☐ $60°$ ☐ $90°$

(ب) الشعاع المنعكس عن المرآة B يسقط مرّة على المرآة A بزاوية سقوط ....

☐ $90°$ ☐ $45°$

☐ $30°$ ☐ $0°$

⑧ إذا كانت الزاوية بين الشعاع الضوئي الساقط والسطح العاكس $30°$ فإن الزاوية بين الشعاع الضوئي الساقط والشاع الضوئي المنعكس تساوي ....

☐ $90°$ ☐ $60°$ ☐ $30°$ ☐ $120°$

⑨ من الشكل المقابل إذا كانت الزاوية بين الشعاع الضوئي الساقط وسطح المرآة $130°$ فإن زاوية انعكاس الشعاع الضوئي تساوي ......

☐ $40°$ ☐ $50°$

☐ $60°$ ☐ $130°$

انكسار الضوء

عند وضع قلم في كوب به ماء والنظر إليه من أحد جوانبه:

- نرى القلم كما لو كان مكسور.
- يرجع ذلك إلى ظاهرة انكسار الضوء.

عند سقوط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين شفافين فإن:

- جزء من الشعاع الضوئي ينعكس إلى الوسط الأول.
- جزء ضئيل من الضوء يمتص في الوسط الثاني.
- الجزء المتبقي من الشعاع الضوئي ينتقل إلى الوسط الثاني منحرفًا عن مساره وتُسمى هذه الظاهرة انكسار الضوء.

سبب حدوث انكسار الضوء:

اختلاف سرعة الضوء في الوسطين نتيجة اختلاف الكثافة الضوئية للوسطين.

الكثافة الضوئية: هي قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه.

انكسار الضوء: هو تغيّر اتجاه الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية.

الشعاع الساقط
الشعاع المنعكس
وسط أقل كثافة ضوئية (هواء)
وسط أكبر كثافة ضوئية (زجاج)
الشعاع المنكسر
ϕ_1 ϕ_2 θ

لاحظ:

- كل وسط شفاف له كثافة ضوئية خاصة به وتختلف من وسط لآخر تبعًا لاختلاف سرعة الضوء فيه.
- عندما تزداد الكثافة الضوئية للوسط تقل سرعة الضوء خلاله والعكس صحيح (علاقة عكسية).

قانون انكسار الضوء:

يخضع انكسار الضوء لقانونين هما:

القانون الأول: النسبة بين جيب زاوية السقوط الأول $(\sin \phi)$ إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني $(\sin \theta)$ تساوي النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول (v_1) إلى سرعته في الوسط الثاني (v_2) وهي نسبة ثابتة لهذين الوسطين ويطلق عليها معامل الانكسار النسبي من الوسط الأول إلى الوسط الثاني $({}_1n_2)$.

$${}_1n_2 = \frac{\sin \phi}{\sin \theta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

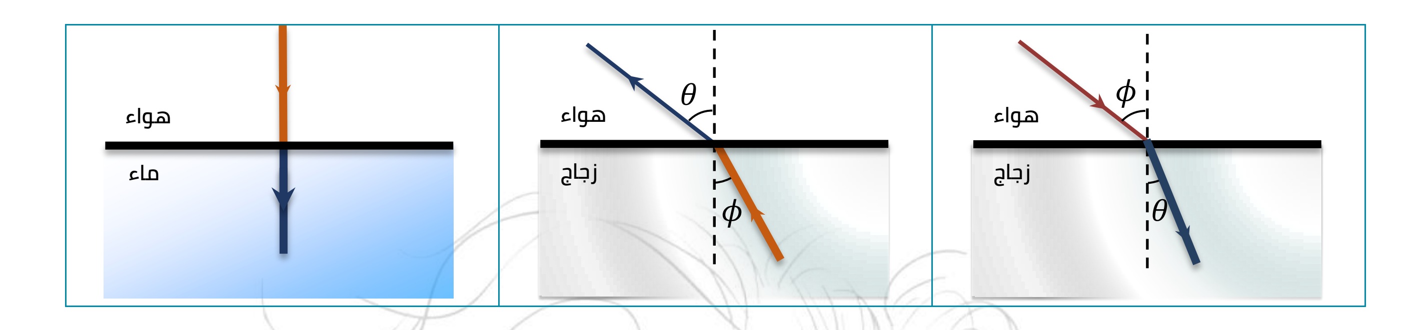
القانون الثاني: الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح الفاصل.

انعكاس الضوء	انكسار الضوء
يحدث عند السطح العاكس في نفس الوسط.	يحدث عند السطح الفاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية.
يرتد الشعاع الضوئي في اتجاه مضاد لاتجاه السقوط.	يسير الشعاع الضوئي منحرفًا عن مساره في الوسط الأول.
زاوية السقوط = زاوية الانعكاس	زاوية السقوط لا تساوي غالبًا زاوية الانكسار.
سرعة الضوء قبل الانعكاس = سرعته بعد الانعكاس.	سرعة الضوء مختلفة في الوسطين.

مسار الأشعة الضوئية في الأوساط الشفافة في الكثافة الضوئية

عند انتقال شعاع ضوئي:

من وسط أقل كثافة ضوئية (الهواء) إلى وسط أكبر كثافة ضوئية (الزجاج)	من وسط أكبر كثافة ضوئية (الزجاج) إلى وسط أقل كثافة ضوئية (الهواء)	عموديًا على السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية
ينكسر مقتربًا من العمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل بين الوسطين.	ينكسر مبتعدًا عن العمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل بين الوسطين.	ينفذ على استقامة دون أن يعاني أي انكسار.
زاوية السقوط أكبر من زاوية الانكسار.	زاوية السقوط أقل من زاوية الانسكار.	زاوية السقوط تساوي صفر.



شروط انكسار الضوء:

① وجود وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية (اختلاف سرعة الضوء فيهما).

② سقوط الضوء مائلًا على السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين (زاوية السقوط ≠ صفر).

لاحظ:

يحدث انكسار الضوء نتيجة الاختلاف في سرعة الضوء عند الانتقال من وسط إلى آخر والتردد يبقى ثابت لا يتغيّر وبالتالي يتغيّر الطول الموجي وهذا يعني تغيّر في اتجاه انتشار الموجة أي انكسارها.

مسار الأشعة الضوئية في الأوساط الشفافة في الكثافة الضوئية

تعريفه:

- هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني.
- هو النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول إلى سرعته في الوسط الثاني.

يتوقف على:

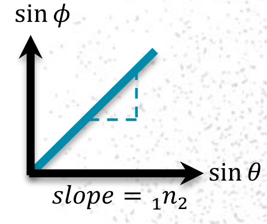
① الطول الموجي للضوء الساقط.

② سرعة الضوء في وسط السقوط (نوع مادة وسط السقوط).

③ سرعة الضوء في وسط الانكسار (نوع مادة وسط الانكسار).

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

$$_1n_2 = \frac{v_1}{v_2}$$



لاحظ:

- معامل الانكسار النسبي يكون دائمًا وسطين ماديين غير الهواء.
- معامل الانكسار النسبي بين وسطين ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين كميتين من نفس النوع.
- معامل الانكسار النسبي بين وسطين قد يكون أكبر من أو أقل من الواحد لأنه يتعيّن من العلاقة $({}_1n_2 = v_1 \div v_2)$ فإذا كانت سرعة الضوء في الوسط الأول v_1 أكبر من سرعته في الوسط الثاني v_2 تكون النسبة أكبر من الواحد الصحيح والعكس.

معامل الانكسار المطلق لوسط

تعريفه:

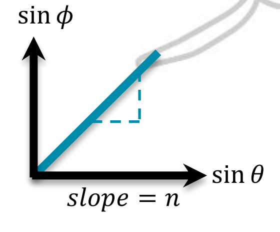
- هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الفراغ أو الهواء إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط.
- هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط المادي.

يتوقف على:

① الطول الموجي للضوء الساقط.

② سرعة الضوء في وسط الانكسار (نوع مادة الوسط).

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$



$$n = \frac{c}{v}$$

لاحظ:

- معامل الانكسار المطلق للوسط نسبة ثابتة لهذا الوسط.
- معامل الانكسار المطلق لوسط ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين كميتين من نفس النوع.
- معامل الانكسار المطلق لوسط دائمًا أكبر من الواحد الصحيح لأن سرعة الضوء في الفراغ أو الهواء أكبر من سرعته في أي وسط آخر.

العلاقة بين معامل الانكسار النسبي لوسطين ومعامل الانكسار المطلق لكل منهما

إذا انتقل شعاع ضوئي بين وسطين وكان معاملًا انكسارهما المطلقين هما n_2, n_1 على الترتيب فإن:

معامل الانكسار النسبي بين الوسطين $\quad {}_1n_2 = \frac{v_1}{v_2} \quad \Longrightarrow (1)$

معامل الانكسار المطلق لوسط الأول $\quad n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \Longrightarrow (2)$

معامل الانكسار المطلق للوسط الثاني $\quad n_2 = \frac{c}{v_2} \quad \Longrightarrow (3)$

من العلاقتين $(2), (3)$ نجد أن:

معامل الانكسار النسبي بين الوسطين $\quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{c}{v_2} \times \frac{v_1}{c} = \frac{v_1}{v_2} \quad \Longrightarrow (4)$

من العلاقتين $(1), (4)$ نجد أن: $\quad {}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{{}_2n_1}$

∴ معامل الانكسار النسبي من الوسط الأول إلى الوسط الثاني = $\frac{\text{معامل الانكسار المطلق للوسط الثاني}}{\text{معامل الانكسار المطلق للوسط الأول}}$

معامل الانكسار النسبي بين وسطين: هو النسبة بين معامل الانكسار المطلق للوسط الثاني ومعامل الانكسار المطلق للوسط الأول.

لاحظ:

- يوجد علاقة طردية بين الكثافة الضوئية ومعامل الانكسار المطلق.
- يوجد علاقة بين سرعة الضوء في الوسط وزاوية الانكسار.
- يوجد علاقة عكسية بين الكثافة الضوئية (معامل الانكسار المطلق) وسرعة الضوء (زاوية الانكسار).
- قدرة الزجاج على كسر الأشعة الضوئية أكبر من قدرة الهواء لأن معامل الانكسار المطلق للزجاج أكبر من معامل الانكسار المطلق للهواء.
- كثافة الماس > كثافة الزجاج > كثافة الماء > كثافة الهواء.

وجه المقارنة	الهواء	الزجاج
الكثافة ضوئية	أقل	أكبر
القدرة على كسر الأشعة الضوئية	أقل	أكبر
معامل انكساره مطلق	أقل	أكبر
زاوية الانكسار فيه	أكبر	أقل
سرعة الضوء فيه	أكبر	أقل

قانون سنل

$${}_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} \Rightarrow (1)$$

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow (2)$$

من العلاقتين $(1), (2)$ نجد أن:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

> **قانون سنل:** حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لوسط السقوط في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لوسط الانكسار في جيب زاوية الانكسار.
>
> **أو:** حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لأي وسط في

لاحظ:

الشعاع الضوئي الساقط عموديًا على السطح الفاصل بين وسطين شفافين لا يُعاني انكسارًا لأنه تبعًا لقانون سنل $(n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta)$، عند سقوط شعاع ضوئي عموديًا على السطح الفاصل بين وسطين $(\phi = 0°)$ فإن $(n_2 = \sin\theta = 0)$ وبالتالي زاوية الانكسار $(\theta = 0°)$

مسائل محلولة

① إذا كان معامل الانكسار المطلق للماس $\frac{5}{2}$ وللزجاج $\frac{3}{2}$ **فأوجد** معامل الانكسار النسبي من الزجاج للماس وكذلك معامل الانكسار النسبي من الماس للزجاج.

الحل:

$$n_{\text{زجاج}\to\text{ماس}} = \frac{n_{\text{ماس}}}{n_{\text{زجاج}}} = \frac{5}{2} \times \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$$

$${}_2n_1 = \frac{1}{{}_1n_2} \Rightarrow n_{\text{ماس}\to\text{زجاج}} = \frac{1}{n_{\text{زجاج}\to\text{ماس}}} = 1 \times \frac{3}{5} = \frac{3}{5}$$

② متوازي مستطيلات من الزجاج معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ وُضِعَ فوق مرآة مستوية أفقية، سقط شعاع على الوجه العلوي يميل عليها بزاوية $30°$ انكسر فيه ثم انعكس ثم خرج على بُعد 2 سم من نقطة السقوط، **احسب** سُمك الزجاج.



الحل:

$$\phi = 90° - 30° = 60°$$

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

$$\therefore \sin\theta = \frac{\sin\phi}{n} = \frac{\sin 60°}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \theta = 30°$$

من هندسة المقابل نلاحظ أن الزاوية (أ ب ح) = θ = $30°$

$$\therefore \sin\theta = \frac{\text{أح}}{\text{حب}}$$

$$\text{حب} = \frac{\text{أح}}{\sin\theta} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2\ cm$$

$$\text{أب (سمك الزجاج)} = \sqrt{4-1} = \sqrt{3}\ cm$$

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① 📖 عندما ينكسر الضوء تكون النسبة $\frac{\sin\phi}{\sin\theta}$ (حيث ϕ زاوية السقوط، θ زاوية الانكسار).

- ☐ نسبة ثابتة للوسطين.
- ☐ غير ثابتة لهذين الوسطين.
- ☐ مقدار ثابت أكبر من الواحد الصحيح دائمًا.
- ☐ مقدار ثابت أقل من الواحد الصحيح دائمًا.

② عندما يسقط شعاع ضوئي بين وسطين النسبة بين معامل الانكسار المطلق للوسط الأول إلى معامل الانكسار للوسط الثاني 2 : 1 تكون النسبة بين تردد الشعاع الضوئي في الوسط الأول إلى تردده في الوسط الثاني ....

- ☐ $\frac{1}{2}$
- ☐ $\frac{1}{2}$
- ☐ $\frac{1}{4}$
- ☐ $\frac{2}{1}$

③ إذا علمت أن معامل انكسار الزجاج يساوي 1.5 فإن الشكل الذي يوضح المسار الصحيح الذي سوف يسلكه شعاع ضوئي سقط بزاوية 50° على السطح الفاصل بين الزجاج والهواء هو ....

☐ ☐ ☐ ☐

④ يوضح الشكل المقابل سقوط شعاع ضوئي من الوسط (1) معامل انكساره 1.3 إلى الوسط (2) معامل انكساره 1.5, أي الاختيارات الآتية توضح ماذا حدث لكل من الطول الموجي وسرعة الضوء في الوسط (2)؟

	الطول الموجي	سرعة الضوء
☐	يزداد	تزداد
☐	يقل	تزداد
☐	يزداد	تقل
☐	يقل	تقل

⑤ تسقط 5 أشعة ضوئية يفصل بينها زوايا متساوية مقدار كلٍّ منها 15° من وسط (X) معامل انكساره 1.5 إلى وسط (Y) معامل انكساره 1.33, فكم شعاعًا من هذه الأشعة يمكنها النفاذ إلى الوسط (Y)؟

- ☐ أربعة أشعة.
- ☐ شعاعان.
- ☐ ثلاثة أشعة.
- ☐ خمسة أشعة.

⑥ من الرسم الذي أمامك تكون قيمة زاوية الانكسار ....

- ☐ 28.13°
- ☐ 30.13°
- ☐ 32.13°
- ☐ 35.13°

⑦ سرعة الضوء في الزجاج هي ....

- ☐ أقل من سرعة الضوء في الفراغ.
- ☐ أكبر من سرعة الضوء في الفراغ.

☐ تساوي سرعة الضوء في الفراغ. ☐ جميع ما سبق.

⑧ ✍ عند سقوط شعاع ضوئي على سطح الماء بزاوية $60°$ تكون زاوية انكساره ....

☐ أكبر من $60°$ ☐ أقل من $60°$ ☐ تساوي $60°$ ☐ أكبر من أو تساوي $60°$

⑨ ✍ معامل الانكسار المطلق للماس ....

☐ 1 ☐ 2.4 ☐ 0.8 ☐ 0.9

⑩ الشكل الموضح يمثّل شعاع ضوئي سقط على سطح فاصل جزء منه انعكاس والجزء الآخر انكسر, فإنه زاوية الانكسار (θ) = ...

70°
السطح الفاصل
θ
$n_2 = 1.36$

☐ $39.78°$ ☐ $50.24°$
☐ $20°$ ☐ $50.92°$

⑪ ✍ النسبة بين جيب زاوية سقوط شعاع ضوئي مار في الزجاج $(n_g = 1.5)$ إلى جيب زاوية الانكسار في الماء $(n_w = 13)$

☐ أقل من 1 ☐ أكبر من 1 ☐ تساوي 1 ☐ -

⑫ يبيّن الشكل انتقال شعاع ضوئي بين وسطين مختلفين الكثافة, إذا علمت أن معامل الانكسار النسبي بين الوسط الثاني إلى الوسط الأول تساوي $\frac{9}{8}$ والطول الموجي للضوء في الوسط الأول 2.3×10^{-6} فإن الطول الموجي للضوء في الوسط الثاني تساوي ....

n_1
n_2

☐ $2.59 \times 10^{6}\ m$ ☐ $2.59 \times 10^{-6}\ m$
☐ $2 \times 10^{6}\ m$ ☐ $2 \times 10^{4}\ m$

⑬ عندما يسقط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين كما بالشكل, أيّ من الأشكال الآتية تكون فيها زاوية الانكسار أكبر ما يمكن؟

☐ $n = 1.3$, $n = 2.4$, 32.8° ☐ $n = 1.3$, $n = 2.4$, 30°

☐ $n = 1.3$, $n = 2.4$, 25° ☐ $n = 1.3$, $n = 2.4$, 35°

⑭ إذا سقط شعاعان ضوئيان أحدهما أحمر اللون والآخر أزرق اللون بنفس زاوية السقوط ϕ على السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين, فإن النسبة بين زاوية انكسار الضوء الأحمر إلى زاوية انكسار الضوء الأزرق $\left(\frac{\theta_r}{\theta_b}\right)$ ....

☐ أقل من 1 ☐ أكبر من 1 ☐ تساوي 1 ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

(١٥) شعاع ضوئي يسقط على قطعة من الزجاج فينكسر في الزجاج، أيٌّ من الكميات التالية لا يتغيّر عندما ينكسر الشعاع الضوئي ....

- ☐ السرعة.
- ☐ التردد.
- ☐ الطول الموجي.
- ☐ الشدة.

(١٦) يرجع انكسار الضوء إلى اختلاف .... الضوء في الأوساط الشفافة المختلفة.

- ☐ سرعة
- ☐ شدة
- ☐ حجم
- ☐ جميع ما سبق

(١٧) الشكل يوضح انتقال شعاع ضوئي بين الوسط الأول إلى الوسط الثاني فإن معامل الانكسار النسبي من الوسط الثاني إلى الوسط الأول ....

n_1, $60°$, $15°$, n_2

- ☐ 0.518
- ☐ 3.346
- ☐ 0299
- ☐ 1.923

(١٨) عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية وكانت زاوية السقوط تساوي صفرًا، أيٌّ من الخواص التالية للضوء لا تتغيّر؟

- ☐ السعة.
- ☐ السرعة.
- ☐ الطول الموجي.
- ☐ الاتجاه.

(١٩) يبيّن الشكل انكسار شعاع ضوئي بين وسطين، إذا كان معامل الانكسار النسبي ثابت للوسطين فإن ....

$n_1 = 1$, $50°$, $n_2 = \sqrt{3}$, θ_2 — $n_1 = 1$, $60°$, $n_2 = \sqrt{3}$, θ_1

- ☐ $\theta_1 > \theta_2$
- ☐ $\theta_1 < \theta_2$
- ☐ $\theta_1 = \theta_2$
- ☐ $\theta_1 = 40°$

(٢٠) انتقل شعاع ضوئي بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية بزاوية سقوط لا تساوي الصفر، فإذا علمت أن النسبة بين الطول الموجي للضوء في الوسط الأول إلى طوله الموجي في الوسط الثاني يساوي $\frac{3}{2}$ من المتوقع أن الشعاع الضوئي ....

- ☐ ينكسر مقتربًا من العمود المقام.
- ☐ ينعكس كليًا.
- ☐ ينفذ دون أن يعاني أي انكسار.
- ☐ ينكسر مبتعدًا عن العمود المقام.

(٢١) يبيّن الشكل شعاع كهرومغناطيسي طوله الموجي $3000\ Å$ ينتقل خلال الوسط (A) فينتقل الشعاع إلى الوسط (B) بطول موجي ....

وسط (A), $n_1 = 1$, θ, وسط (B), $n_2 = \sqrt{3}$, θ

- ☐ $5.19 \times 10^{-10}\ m$
- ☐ $1.73 \times 10^{-10}\ m$
- ☐ $5.19 \times 10^{-8}\ m$
- ☐ $1.73 \times 10^{07}\ m$

(٢٢) إذا انتقلت موجات بين وسطين مختلفين وكان انتشارها عموديًا على السطح الفاصل بين الوسطين فإن الموجات:

- ☐ تنكسر وتنحرف عن مسارها.
- ☐ لا تنكسر وتنحرف عن مسارها.
- ☐ تنكسر ولا تنحرف عن مسارها.
- ☐ لا تنكسر ولا تنحرف عن مسارها.

(٢٣) لَاحَظَ طالب أن القلم الذي في الكوب يبدو له مكسورًا، يرجع ذلك لاختلاف ....

- ☐ سرعة الضوء في الوسطين
- ☐ تردد الضوء خلال الوسطين.
- ☐ شدة الضوء في الوسطين.
- ☐ كثافة الضوء في الوسطين.

(٢٤) ينكسر الضوء عند انتقاله من وسط لآخر مختلف عنه في الكثافة بسبب ....

- ☐ تغيّر كلٍّ من التردد وسرعة الانتشار والطول الموجي.
- ☐ تغيّر سرعة الانتشار.
- ☐ تغير التردد فقط.
- ☐ تغير التردد والطول الموجي.

(٢٥) معامل الانكسار النسبي بين وسطين $(_1n_2)$ يكون أكبر من الواحد الصحيح عندما يكون ....

- ☐ $v_1 > v_2$
- ☐ $n_1 < n_2$
- ☐ $\theta < \phi$
- ☐ جميع ما سبق

(٢٦) في الشكل المقابل سقط شعاع ضوئي من الوسط a على السطح الفاصل مع الوسط b بزاوية سقوط $45°$، فانحرف عن مساره الأصلي بزاوية $45°$، فيكون معامل الانكسار النسبي بين الوسطين $(_bn_a)$ يساوي ....

45° a b

- ☐ $\sqrt{2}$
- ☐ $\frac{1}{\sqrt{2}}$
- ☐ $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- ☐ $\frac{2}{\sqrt{3}}$

(٢٧) الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية بين جيب زاوية السقوط $(\sin\phi)$ وجيب زاوية الانكسار $(\sin\theta)$ لموجة ضوئية عند انتقالها من الهواء إلى وسطٍ ما، فإن سرعة الموجة في الوسط تساوي m/s ....

$\sin\phi$ 50° $\sin\theta$

- ☐ 2×10^8
- ☐ 1.6×10^8
- ☐ 2.5×10^8
- ☐ 3×10^8

(٢٨) معامل الانكسار المطلق لأي وسط أكبر من الواحد الصحيح بسبب أن ....

- ☐ سرعة الضوء في الهواء < سرعته في أي وسط آخر.
- ☐ الكثافة الضوئية للهواء < أي وسط آخر.
- ☐ جميع الأوساط الشفافة لها كثافة ضوئية < الهواء.
- ☐ جميع ما سبق.

(٢٩) سقطت موجات على سطح فاصل بين وسطين بزاوية 50° فانعكس جزء وانكسر الباقي فإذا كانت الزاوية بين الموجة المنعكسة والمنكسرة 100° فإن معامل الانكسار النسبي بين الوسطين يساوي ....

- ☐ 3.77
- ☐ 1.5
- ☐ 0.67
- ☐ 0.27

(٣٠) الشكل المقابل يوضح شعاع ضوئي يسقط من الوسط 1 على السطح الفاصل مع الوسط 2 فانحرف عن مساره بزاوية $45°$، فيكون معامل الانكسار النسبي $(_1n_2)$ هو ....

(2) 45° (1)

- ☐ $\sqrt{2}$
- ☐ $\frac{1}{\sqrt{2}}$
- ☐ $\frac{1}{\sqrt{3}}$
- ☐ $\frac{2}{\sqrt{3}}$

(٣١) سقطت موجة على سطح فاصل بين الهواء وسائل شفاف بزاوية 60° فانعكس جزء منها وانكسر الجزء الباقي في السائل، فإذا كانت الزاوية بين الموجة المنعكسة والموجة المنكسرة 75°، فإن معامل الانكسار المطلق للسائل يساوي ......

- ☐ 1.33
- ☐ 1.22
- ☐ 0.896
- ☐ 1.4

٣٢ إذا كان معامل انكسار الوسط A ضِعف معامل انكسار الوسط B, تكون النسبة بين سرعة الضوء في الوسط A إلى سرعة الضوء في الوسط B هي ....

☐ $\frac{4}{2}$ ☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{2}{4}$ ☐ $\frac{1}{1}$

٣٣ عند زيادة زاوية السقوط على السطح الفاصل بين وسطين للضِعف, فإن معامل الانكسار النسبي بينهما ....

☐ يقل للنصف. ☐ يزداد للضِعف. ☐ يظل ثابت. ☐ يزداد لأربعة أمثال.

٣٤ الشكل المقابل يمثل انتقال شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء الذي معامل انكساره $\frac{4}{3}$ فأي العلاقات الآتية صحيح؟

(هواء) ϕ (ماء) $90+\theta$

☐ $\frac{\sin\phi}{\sin\theta}=\frac{4}{3}$ ☐ $\frac{\sin\theta}{\sin\phi}=\frac{4}{3}$

☐ $\frac{\sin(90-\phi)}{\sin(90-\theta)}$ ☐ $\frac{\sin(90-\phi)}{\sin\theta}=\frac{4}{3}$

٣٥ عند انتقال شعاع ضوئي عموديًا من وسط شفاف أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة فإنه ....

☐ ينكسر مبتعدًا عن العمود المقام. ☐ ينكسر مقتربًا من العمود المقام.

☐ ينفذ على استقامة. ☐ يرتد دون انكسار.

٣٦ إذا كانت زاوية سقوط الضوء على سطح فاصل بين وسطين (θ) ومعامل الانكسار النسبي بينهما $\sqrt{3}$ فإذا زادت زاوية السقوط إلى (2θ) فإن معامل الانكسار النسبي بينهما يصبح ....

☐ $2\sqrt{3}$ ☐ $\sqrt{3}$ ☐ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ☐ $\frac{2}{\sqrt{3}}$

٣٧ الشكل المقابل يمثل انتقال شعاع ضوئي من الوسط A إلى الوسط B, فتكون النسبة بين سرعة الضوء في الوسط A إلى سرعة الضوء في الوسط B ....

ϕ وسط (A) وسط (B) θ

☐ أكبر من الواحد. ☐ أقل من الواحد.

☐ تساوي الواحد. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة إلا بمعرفة قيم θ, ϕ

٣٨ إذا كانت النسبة بين زاوية سقوط شعاع ضوئي على السطح الفاصل بين الزجاج والماء إلى زاوية انكساره في الماء أقل من الواحد الصحيح فإنَّ ....

☐ معامل الانكسار المطلق للزجاج أكبر من معامل الانكسار المطلق للماء.

☐ سرعة الضوء في الزجاج أكبر من سرعة الضوء في الماء.

☐ معامل الانكسار المطلق للزجاج أقل من معامل الانكسار المطلق للماء.

☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

٣٩ إذا انتقل شعاع ضوئي من وسط إلى وسط a إلى وسط b وكانت زاوية السقوط ϕ أكبر من زاوية الانكسار θ, فإن معامل الانكسار النسبي $({}_a n_b)$

☐ أكبر من الواحد. ☐ أقل من الواحد.

☐ تساوي الواحد. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

٤٠) الرسم البياني الذي يوضح العلاقة بين سرعة الضوء في عدة أوساط ومعامل الانكسار المطلق لكل منها هو ....

☐ (v مقابل n) ☐ (v مقابل n) ☐ (v مقابل n) ☐ (v مقابل n)

41. عند زيادة معامل انكسار مادة شفافة بإضافة مادة معينة إليها .... الضوء المار فيها.

☐ يزداد تردد ☐ يقل تردد ☐ تزداد سرعة ☐ تقل سرعة

42. عند انتقال الضوء من الهواء إلى الماء فإن العلاقة البيانية التي تمثل خطأ مستقيمًا كما بالشكل تكون بين ...

☐ زاوية السقوط وزاوية الانكسار.
☐ جيب زاوية السقوط وزاوية الانكسار.
☐ زاوية السقوط وجيب زاوية الانكسار.
☐ جيب زاوية السقوط وجيب زاوية الانكسار.

43. ماذا يحدث للضوء عندما يدخل إلى وسط معامل انكساره أكبر؟

☐ سرعته تقل وينحني مقتربًا من العمود المقام.
☐ سرعته تزداد وينحني متقربًا من العمود المقام.
☐ سرعته تقل وينحني مبتعدًا من العمود المقام.
☐ سرعته تزداد وينحني مبتعدًا من العمود المقام.

44. بزيادة معامل انكسار مادة الوسط ....

☐ تقل سرعة الضوء. ☐ يقل تردد الضوء. ☐ تزداد سرعة الضوء. ☐ يزداد تردد الضوء.

45. عندما يدخل ضوء وسط حيث كان أصغر λ، ما الذي يحدث لسرعته؟

☐ تقل. ☐ تزداد. ☐ تظل ثابتة. ☐ لا يمكن تحديدها.

46. المادة الأكثر كثافة ضوئية في الشكل المقابل هي ....

سرعة الشاع الضوئي

المواد

A B C D

☐ المادة A
☐ المادة B
☐ المادة C
☐ المادة D

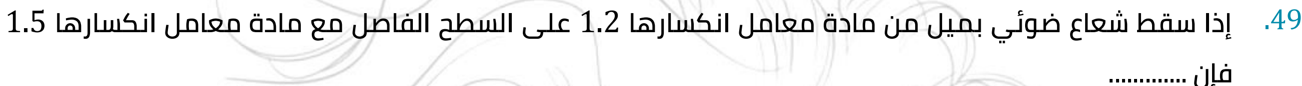
47. أيّ الأشكال البينانية الآتية يعبّر عن العلاقة بين معامل الانكسار النسبي بينهما ....

☐ (${}_1n_2$ مقابل θ) ☐ (${}_1n_2$ مقابل θ) ☐ (${}_1n_2$ مقابل θ) ☐ (${}_1n_2$ مقابل θ)

.48 انظر إلى جدول معاملات انكسار الضوء في أي الأوساط الأربعة تكون سرعة انتقال الضوء خلاله أقل ...

الوسط	معامل الانكسار
كلوريد الصوديوم	1.544
الجليسرين	1.473
الماء	1.33
الفراغ	1

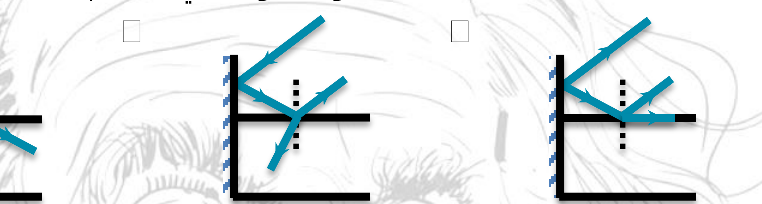
- ☐ كلوريد الصوديوم.
- ☐ الجليسرين.
- ☐ الماء.
- ☐ الفراغ.



.49 إذا سقط شعاع ضوئي بميل من مادة معامل انكسارها 1.2 على السطح الفاصل مع مادة معامل انكسارها 1.5 فإن ....

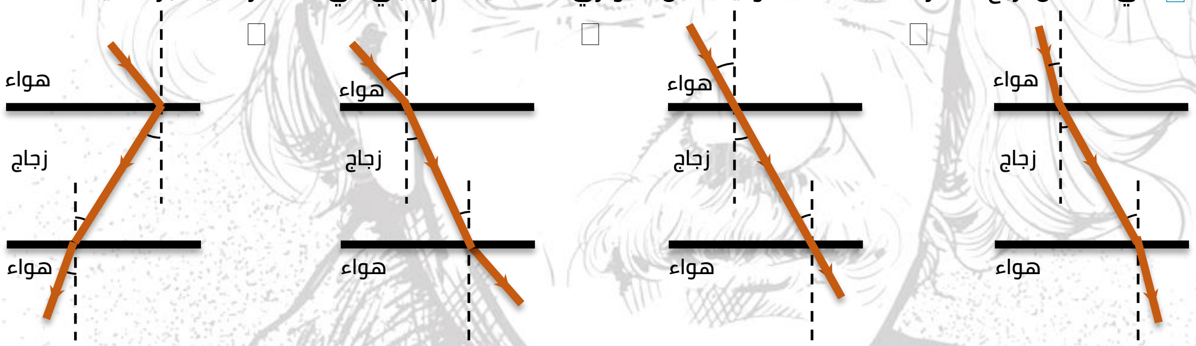
- ☐ سرعته تزداد وينكسر مقتربًا من العمود.
- ☐ سرعته تقل وينكسر مقتربًا من العمود.
- ☐ سرعته تقل وينكسر مبتعدًا من العمود.
- ☐ سرعته تزداد وينكسر مبتعدًا من العمود.

.50 أيًّا من الأشكال هو المسار الصحيح لشعاع ضوئي يصطدم بمرآة مستوية وينعكس داخل قالب زجاجي؟





.51 في الشكل أربع مسارات للأشعة الضوئية خلال متوازي مستطيلات زجاجي، أيّ المسارات يعتبر صحيحًا؟



تداخل الضوء

للتعرّف على ظاهرة التداخل في الضوء نجري التجربة التالية:

تجربة الشق المزدوج لتوماس يونج

الغرض منها:

① توضيح ظاهرة التداخل في الضوء.

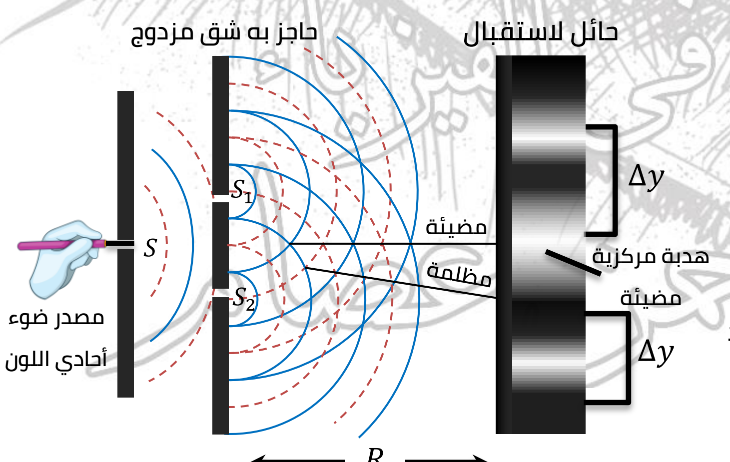
② تعيين الطول الموجي لأي ضوء احادي اللون.

الجهاز المستخدم:

① مصدر ضوء أحادي اللون.

② حاجز به فتحة ضيقة مستطيلة (S) على بُعد مناسب من المصدر الضوئي.

③ حاجز به فتحتان ضيقتان مستطيلتان (S_1, S_2) تعملان كشق مزدوج.



④ حائل لاستقبال الهدب.

الخطوات:

① عند تشغيل المصدر الضوئي تمر موجات الضوء من الفتحة S على شكل موجات أسطوانية بحيث يمثل القوس المتصل قمة الموجة والقوس المتقطع قاع الموجة.

② عندما تصل موجات الضوء إلى الشق المزدوج (الفتحتان S_1, S_2) تكون الفتحتان على نفس صدر الموجة الأسطوانية فتعملان كمصدرين مترابطين (تصدران موجات لها نفس التردد والسعة والطور).

③ تنتشر الحركتان الموجيتان الصادرتان من S_1, S_2 خلف الحاجز وعندما تتراكب الموجات على الحائل تعطي مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة تُعرف بهدب التداخل.

④ يمكن تعيين المسافة بين هدبتين متتاليين من نفس النوع ΔY (مضيئتين أو مظلمتين) من العلاقة:

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$

حيث:
(λ): الطول الموجي للضوء المستخدم.
(R): البُعد بين الحائل والشقين.
(d): المسافة بين الشقين.

الاستنتاج:

① ينتج عن تراكب موجات الضوء الصادر من مصدرين مترابطين تقوية في شدة الضوء في بعض المواضع (هدب مضيئة) وانعدام لشدة الضوء في مواضع أخرى (هدب مظلمة) ويطلق على هذه الظاهرة تداخل الضوء.

② **شروط حدوث التداخل في الضوء:**
- أن يكون كل من المصدرين الضوئيين أحادي الطول الموجي.
- أن يكون المصدران الضوئيان مترابطان (لهما نفس التردد والسعة والطور).

③ يوجد نوعان من التداخل:

تداخل بنّاء	تداخل هدّام
تداخل ينتج عنه تقوية شدة الضوء في بعض المواضع (هدب مضيئة) نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قمة من الموجة الأخرى أو قاع من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى.	تداخل ينتج عنه انعدام لشدة الضوء في بعض المواضع (هدب مظلمة) نتيجة تقابل قمة من إحدى الموجتين مع قاع من الموجة الأخرى.
يشترط لحدوثه أن يكون فوق المسير بين الموجتين المتداخلتين = $m\lambda$	يشترط لحدوثه أن يكون فرق المسير بين الموجتين المتداخلتين = $(m + {}^1/_2)\,\lambda$
حيث m رتبة الهدبة وتساوي عدد صحيح (0 أو 1 أو 2 أو ...)	

④ الموجتان المتساويتان في المسير ينتج عنها ما يُعرف بالهدفة المركزية وهي دائمًا هدبة مضيئة لأن فرق المسير عندها يساوي صفر فيكون التداخل تداخل بنَّاء.

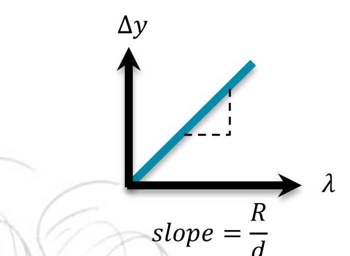
أهمية الشق المزدوج في تجربة يونج:

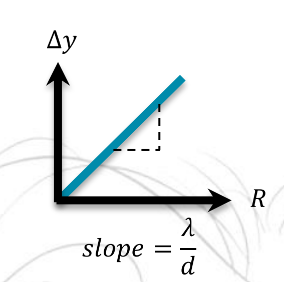
يعمل عمل المصادر المترابطة التي تصدر موجات متساوية في التردد والسعة ولها نفس الطور.

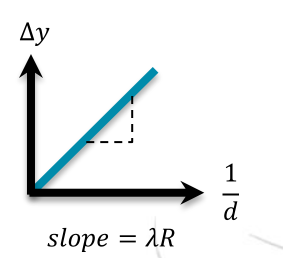
العوامل التي تتوقف عليها المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع:

① الطول الموجي للضوء المستخدم (علاقة طردية).
② المسافة بين الحائل والشقين (علاقة طردية).

③ المسافة بين الشقين (علاقة عكسية).

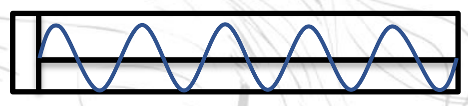


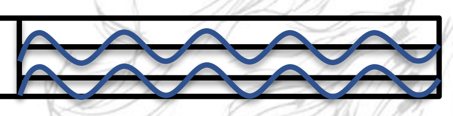




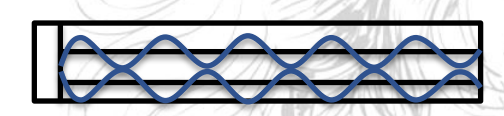
لاحظ:

- يستعمل ضوء أحادي اللون في تجربة يونج لدراسة ظاهرة التداخل حتى يكون للطول الموجي قيمة واحدة ثابتة.
- في تجربة الشق المزدوج ليونج يزداد وضوح هدب التداخل كلما قلّت المسافة بين الشقين لأن المسافة بين أي هدبتين متتاليين من نفس النوع Δy تتناسب عكسيًا مع المسافة بين الشقين (d).
- يمكن التعبير عن التداخل البنّاء كما بالرسم:



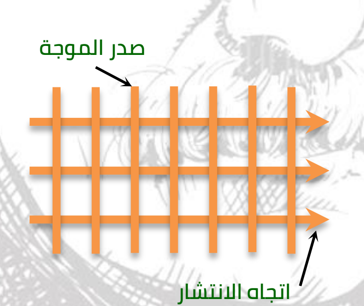


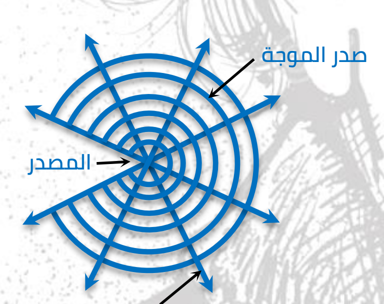
- يمكن التعبير عن التداخل الهدّام كما بالرسم:

- لحساب المسافة بين هدبتين متماثلتين: $\Delta y = \frac{(X)\ \text{المسافة الكلية}}{(N)\ \text{عدد الهدف}}$

صدر الموجة: سطح عمودي على اتجاه انتشار الموجة وتكون جميع نقاطه لها نفس الطور.





مثال

① في تجربة الشق المزدوج ليونج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلين الضيقتين $0.00015\ m$ وكانت المسافة بين الشق والحائل المعدّ لاستقبال الهدب $0.75\ m$ وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين هي 0.003 m احسب الطول الموجي للضوء الأحادي اللون المستخدم.

الحل:

$$\lambda = \frac{\Delta y d}{R} = \frac{0.003 \times 0.00015}{0.075} = 0.6 \times 10^{-6}\ m = 6000\ \text{Å}$$

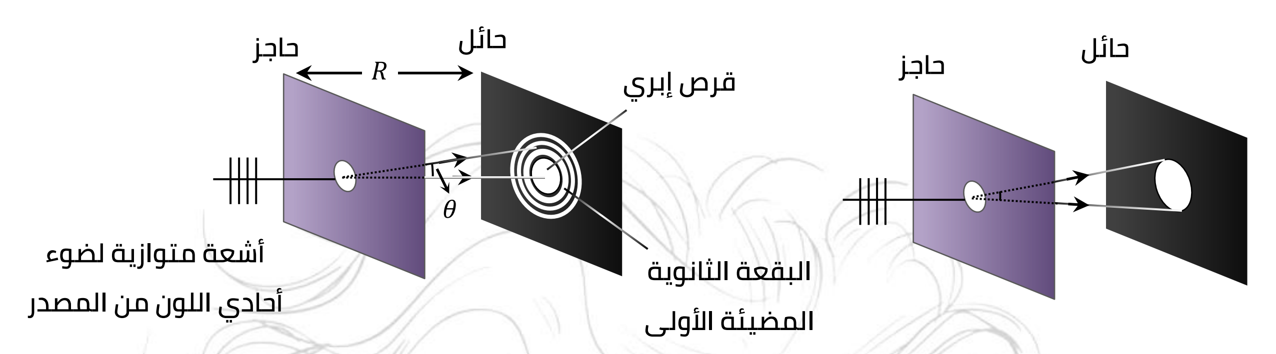
حيود الضوء

عندما يسقط ضوء أحادي اللون على حافة حاجز أو فتحة دائرية في حاجز أبعادها مقاربة للطول الموجي للضوء الساقط فإن:

① **المتوقع حدوثه:** ظهور بقعة دائرية مضيئة.

② **عمليًا:** تظهر بقعة دائرية مضيئة مركزية تكون شدة الضوء فيها أعلى ما يمكن، يطلق عليها قرص إيري ويحيط

بها حلقات مضيئة تتخللها حلقات مظلمة وتنتج هذه الظاهرة بسبب خاصية حيود الضوء.



التفسير:

عندما تسقط موجات ضوء أحادي اللون على حافة حاجز أو فتحة دائرية في حاجز أبعادها مقاربة للطول الموجي للضوء الساقط فإنها:

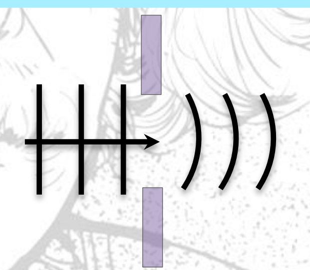
① تغيّر اتجاه انتشارها (تحيد عن اتجاهها).

② تتداخل (تتراكب) الموجات مع بعضها خلف الحاجز لتعطي هدب الحيود وهي مناطق مضيئة تتخللها مظلمة تنتج من تراكب موجات الضوء التي لها حيود.

شرط حدوثه بشكل ملحوظ:

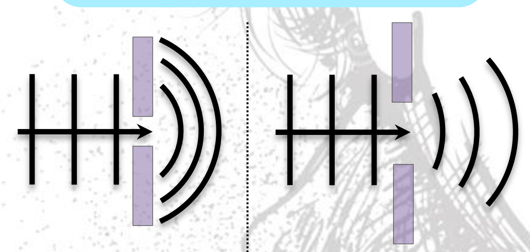
أن تكون فتحة أبعاد العائق مقاربة للطول الموجي لموجة الضوء، فإذا كانت أبعاد دالفتحة:

(1) أكبر من الطول الموجي للضوء بكثير



لا يحدث حيود للضوء

(2) مقاربة للطول الموجي للضوء



يظهر الحيود بشكل ملحوظ ويزداد وضوحًا بنقص أبعاد الفتحة.

لاحظ:

- عند انعكاس أو تداخل أو حيود الضوء نجد أن كل من سرعة الموجة وترددها وطولها الموجي يظل ثابتًا.
- عند سقوط الضوء على فتحة مستطيلة ضيقة يحدث حيود للضوء وتظهر هدب الحيود على شكل هدبة مركزية مضيئة عريضة يحيطها من الجانبين هدب مظلمة وهدب مضيئة أقل سمكًا وأقل إضاءة.
- الطول الموجي للضوء المرئي صغير يتراوح $400\ nm$ و$700\ nm$ لذلك لا تظهر خاصية حيود الضوء بوضوح في حياتنا لأنها تحتاج إلى فتحات صغيرة جدًا.
- لا يوجد فرق جوهري بين التداخل والحيود في الضوء لأن كل منهما ظاهرة موجبة تنشأ من تراكب الموجات.
- عند حيود ضوء أحادي اللون عبر ثقب اتساعه صغير جدًا تكو شدة إضاءة المركز الأكبر على الحائل أكبر بالمقارنة مع باقي الهدب المضيئة لأن القسم الأكبر من الموجات المتفقة في الطور تتجه وتتداخل نحو وسط الحائل.

هدب التداخل	هدب الحيود
جميع الهدب لها نفس الاتساع (اتساعها ثابت).	اتساع الهدب مختلف (غير ثابت).

شدة جميع الهدب المضيئة واحدة.	شدة الهدب المضيئة تختلف حيث تكون الهدب المركزية أكثر شدة.
تنتج عن تراكب موجتين مترابطتين ومتفقتين في الاتجاه.	تنتج عن تداخل إجزاء مختلفة من صدر موجة واحدة (موجات ثانوية صادرة من نقاط مختلفة في الفتحة).
عدد الهدب التي يمكن رؤيتها أو الحصول عليها كبير.	عدد الهدب التي يمكن رؤيتها أو الحصول عليها صغير.

الضوء حركة موجية

الضوء حركة موجية لأن له الخصائص الموجية الآتية:

① ينتشر في خطوط مستقيمة في الوسط المتجانس.

② ينعكس عند سقوطه على سطح عاكس وفقًا لقانونيّ الانعكاس.

③ ينكسر عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية وفقًا لقانونيّ الانكسار.

④ تتداخل موجات الضوء المتساوية في التردد والسعة والطور وينشأ عن التداخل في شدة الضوء في بعض المواضع (هدب مضيئة) وانعدام في شدة الضوء في بعض المواضع الأخرى (هدب مظلمة).

⑤ يحيد الضوء عن مساره إذا مرّ بحافة حادة أو من فتحة أبعادها مقاربة للطول الموجي لموجة الضوء الساقط.

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① من الرسم الموضح أمامك, استخدم ضوء أحادي اللون طوله الموجي 5000 Å, فإن المسافة بين الهدبة المركزية والهدبة المضيئة الأولى يساوي ....

0.3 mm

3 m

☐ $5 \times 10^{-3}\ m$ ☐ $7 \times 10^{-3}\ m$

☐ $8 \times 10^{-3}\ m$ ☐ $6 \times 10^{-3}\ m$

② في تجربة توماس يونج, عند مضاعفة المسافة بين حائل الشق المزدوج والحائل المعد لاستقبال الهدب فإن المسافة بين كل هدبتين متتاليتين من نفس النوع ....

☐ تزداد إلى الضعف وتقل وضوح الهدب. ☐ تزداد إلى الضعف ويزداد وضوح الهدب.

☐ تقل إلى النصف ويزداد وضوح الهدب. ☐ تقل إلى النصف ويقل وضوح الهدب.

③ في تجربة توماس يونج استخدم ضوء طوله الموجي λ فتكوّنت 9 هدب مضيئة متتالية في كل 1.5 cm فيكون عدد الهدب المضيئة المتكوّنة في 1.5 cm عند استخدام ضوء طوله الموجي $1.5\ \lambda$ هو ....

☐ 3 ☐ 6 ☐ 9 ☐ 12

④ في تجربة يونج الفرق في مسار الشعاعين الصادرين من الفتحتين إلى الهدبة المضيئة الأولى يساوي ....

☐ λ ☐ 2λ ☐ $\frac{\lambda}{2}$ ☐ 0

⑤ عند إجراء تجربة توماس يونج مرتين باستخدام مصدرين ضوئيين مختلفين بحيث يكون $(\lambda 1 > \lambda 2)$ فإن نسبة المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع في حالة الضوء الأول إلى المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع في حالة الضوء الثاني $\left(\frac{(\Delta y)_1}{(\Delta y)_2}\right)$ تكون ....

- ☐ أقل من الواحد الصحيح.
- ☐ أكبر من الواحد الصحيح.
- ☐ تساوي الواحد الصحيح.
- ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

⑥ إذا كان بُعد النهاية المضيئة الأولى عن الهدبة المركزية في تجربة يونج $2\ cm$، فإن بُعد الهدبة المعتمة الثالثة عن الهدبة المركزية يساوي ....

☐ $2\ cm$ ☐ $5\ cm$ ☐ $6\ cm$ ☐ $7\ cm$

⑦ في تجربة يونج استخدم ضوء أزرق طوله الموجي λ عبر شقين ضيقين المسافة بينهما d فظهرت هدب التداخل على حائل استقبال الهدب الذي يبعُد مسافة R عن الشقين بنمط معين فإذا استخدم ضوء آخر طوله الموجي 1.5، فإن البُعد بين حائل استقبال هدب التداخل والشقين للحصول على نفس نمط التداخل يجب أن يكون ....

☐ $\frac{R}{1.5}$ ☐ $\frac{R}{0.75}$ ☐ $0.75\ R$ ☐ $1.5\ R$

⑧ سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي $6000\ \text{Å}$ على شق مزدوج، فإذا كانت المسافة بين الشقين $0.001\ m$ والمسافة بين الشقين والحائل $500\ cm$، فإن المسافة بين الهدبة المضيئة الرابعة والهدبة المضيئة الخامسة تساوي ....

☐ $0.003\ m$ ☐ $0.012\ m$ ☐ $0.03 \mu m$ ☐ $3 \times 10^{-3}\ m$

⑨ استخدم أحد الطلبة في تجربة الشق المزدوج أشعة ليزر طولها الموجي $6328\ \text{Å}$، فإذا كان حائل استقبال هدب التداخل يبعُد عن الشق المزدوج مسافة $85\ cm$ فوجد أن المسافة بين مركزيّ الهدبتين المركزية والرابعة المضيئة $1.8\ mm$، فتكون المسافة بين الشقين تقريبًا ....

☐ $0.68\ mm$ ☐ $0.8\ mm$ ☐ $1\ mm$ ☐ $1.2\ mm$

⑩ في إحدى تجارب الشق المزدوج لتوماس يونج تم استخدام ضوء أحادي اللون طوله الموجي $(\lambda = 4000\ \text{Å})$ ثم أعيدت التجربة بضوء آخر أحادي اللون طوله الموجي $(\lambda = 7000\ \text{Å})$، فإن نسبة المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع في الحالتين $\left(\frac{(\Delta y)_1}{(\Delta y)_2}\right)$ تساوي ....

☐ $\frac{5}{18}$ ☐ $\frac{14}{15}$ ☐ $\frac{7}{4}$ ☐ $\frac{4}{7}$

⑪ في تجربة يونج استخدم ضوء أزرق طوله الموجي λ عبر شقين ضيقين المسافة بينهما d فظهرت هدب التداخل على حائل استقبال الهدب والذي يبعُد مسافة R عن الشقين بنمط معيّن، فإذا استخدم ضوء آخر طوله الموجي $1.5\ \lambda$، فتكون المسافة بين الشقين اللازمة للحصول على نفس نمط التداخل هي ....

☐ $\frac{d}{1.5}$ ☐ $\frac{d}{0.75}$ ☐ $0.75\ d$ ☐ $1.5\ d$

⑫ ✍ المسافة بين هدبة مضيئة وأخرى مظلمة متتاليتين في تجربة الشق المزدوج ليونج تساوي ......

☐ $\frac{\lambda}{2Rd}$ ☐ $\frac{\lambda R}{2d}$ ☐ $\frac{2\lambda R}{d}$ ☐ $\frac{\lambda R}{d}$

(١٣) ✍ عندما يمر ضوء أحادي الطول الموجي خلال شقين مستطيلين ضيقين ثم يسقط على حائل فإن الهدب المتكوّنة على الحائل تنشأ بسبب ....

- ☐ الانعكاس. ☐ الانكسار. ☐ الحيود. ☐ الامتصاص.

(١٤) في تجربة الشق المزدوج ليونج إذا كان $R = 10^4\ d$, فإن ....

- ☐ $\Delta y = \lambda$ ☐ $\Delta y = 10^4 \lambda$ ☐ $\Delta y = 10^{-4} \lambda$ ☐ $\Delta y = \lambda \div 10$

(١٥) ✍ في تجربة الشق المزدوج ليونج يزداد وضوح هدب التداخل في الضوء عند ....

- ☐ نفس المسافة بين الشقين والحائل. ☐ زيادة المسافة بين الشقين والحائل.
- ☐ زيادة المسافة بين الشقين. ☐ نقص الطول الموجي للضوء أحادي اللون المستخدم.

(١٦) ✍ في تجربة يونج, إذا كان البُعد بين مركز الهدبة المضيئة الخامسة ومركز الهدبة المركزية هو x, فإن البُعد بين مركز الهدبة المظلمة الثانية ومركز الهدبة المركزية هو ....

- ☐ $\frac{3}{10}x$ ☐ $\frac{2}{5}x$ ☐ $\frac{3}{2}x$ ☐ $\frac{2}{7}x$

(١٧) إذا زاد الطول الموجي للضوء الساقط على الفتحتين إلى ضِعف قيمته فإن المسافة بين الهدبة المضيئة المركزية والهدبة المضيئة الأولى ....

- ☐ تزداد للضِعف. ☐ لا تتغيّر. ☐ تزداد إلى ثلاثة أمثالها. ☐ تقل للنصف.

(١٨) ينعدم رؤية الضوء عند تداخل موجتين ضوئيتين متماثلتين إذا كان طول مسار أحدهما يزيد على الأخرى بمقدار

- ☐ طول موجي كامل. ☐ عدد زوجي من أنصاف الموجات.
- ☐ عدد فردي من أنصاف الموجات. ☐ عدد صحيح من الأطوال الموجية.

(١٩) سبب ظهور هدب مضيئة وهدب مظلمة في تجربة يونج هو ....

- ☐ حيود وتداخل موجات الضوء معًا. ☐ حيود موجات الضوء فقط.
- ☐ تداخل موجات الضوء فقط. ☐ استعمال مصدرين ضوئيين مترابطين.

(٢٠) إذا مرّ شعاع ضوئي خلال فتحة أبعادها $0.006\ mm$, فيكون الحيود أكثر وضوحًا إذا كان الطول الموجي للشعاع الضوئي ....

- ☐ $400\ nm$ ☐ $450\ nm$ ☐ $600\ nm$ ☐ $700\ nm$

(٢١) في ظاهرة الحيود يتغيّر مسار الموجات ....

- ☐ عندما تنتقل من وسط لوسط آخر. ☐ عندما تسقط على سطح عاكس.
- ☐ أثناء انتقالها في نفس الوسط. ☐ جميع ما سبق.

(٢٢) في تجربة يونج استخدام ضوء طوله الموجي λ فكانت المسافة بين مركز الهدبة المركزية ومركز الهدبة التاسعة $1.5\ cm$, فاستخدام ضوء طوله الموجي $1.5\ \lambda$ تكون المسافة $1.5\ cm$ بين مركز الهدبة المركزية ومركز الهدبة ....

- ☐ الثالثة. ☐ السادسة. ☐ التاسعة. ☐ العاشرة.

(٢٣) عندما يمر ضوء أحادي الطول الموجي خلال فتحتان ضيقتان ويسقط على حائل, فإن الهدب المتكوّنة على الحائل تنشأ بسبب ....

- ☐ الانعكاس. ☐ الانكسار. ☐ التداخل. ☐ الحيود.

٢٤ أيٌّ مما يلي صحيح عند المقارنة بين انكسار الضوء وحيود الضوء؟
- ☐ كلاهما يحدث عند انتشار الضوء في وسط واحد.
- ☐ الحيود يحدث عند انتشار الضوء في نفس الوسط والانكسار يحدث عند انتقال الضوء بين وسطين.
- ☐ الحيود يحدث عند انتقال الضوء بين وسطين والانكسار يحدث عند انتقال الضوء في نفس الوسط.
- ☐ كلاهما يحدث عند انتقال الضوء بين وسطين.

٢٥ يقلّ وضوح التداخل في الضوء في تجربة الشق المزدوج ليونج عند ....
- ☐ استخدام ضوء أزرق. ☐ نقص المسافة بين الشقين.
- ☐ زيادة المسافة بين الشقين. ☐ زيادة الطول الموجي للضوء المستخدم.

٢٦ في تجربة الشق المزدوج ليونج تنتج هدبة مركزية لأن فرق المسير للموجتين المتداخلتين يساوي ....
- ☐ 1.5 ☐ 2.5 ☐ 3.5 ☐ 0

٢٧ في تجربة الشق المزدوج شدة إضاءة الهدبة المضيئة الثالثة .... شدة إضاءة الهدبة المركزية.
- ☐ أكبر من. ☐ أقل من. ☐ تساوي. ☐ أقل من أو تساوي.

٢٨ في ظاهرة تداخل الضوء في تجربة توماس يونج ينتج هدب مضيئة بينها هدب مضيئة, فإن الهدبة المضيئة المركزية تتكوّن نتيجة تداخل ....
- ☐ القاع الأول للمصدر الأول مع القمة الأولى للمصدر الثاني.
- ☐ القمة الثانية للمصدر الأول مع القمة الثانية للمصدر الثاني.
- ☐ القمة الثانية للمصدر الأول مع القمة الثالثة للمصدر الثاني.
- ☐ القاع الأول للمصدر الأول مع القاع الأول للمصدر الثاني.

٢٩ عند سقوط شعاع أحادي اللون في تجربة توماس يونج وكانت المسافة بين فتحتي الشق المزدوج d_1 ثم استبدل الشق المزدوج بشق مزدوج آخر المسافة بين فتحتيه نصف المسافة الأولى.
المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع في الحالة الثانية ....
- ☐ $2\Delta y_1 = \Delta y_2$ ☐ $4\Delta y_1 = \Delta y_2$ ☐ $\Delta y_1 = 2\Delta y_2$ ☐ $\Delta y_1 = \Delta y_2$

٣٠ إذا اقترب الحائل المعدّ لاستقبال الهدب من الشق المزدوج فإن المسافة Δy ....
- ☐ تزداد. ☐ تقلّ. ☐ تظل ثابتة. ☐ تنعدم.

الانعكاس الكلي للضوء والزاوية الحرجة

عندما يسقط شعاع ضوئي من وسط أكبر كثافة ضوئية (كالماء أو الزجاج) على السطح الفاصل مع وسط آخر أقل كثافة ضوئية (كالهواء):

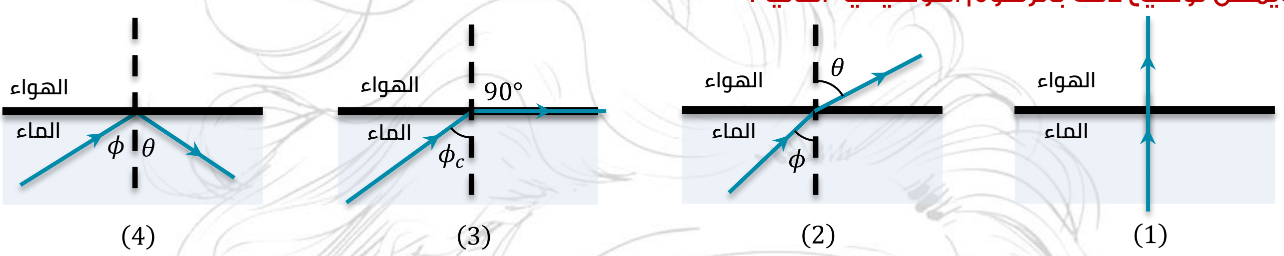
١ إذا سقط الشعاع الضوئي عموديًا على السطح الفاصل (زاوية السقوط = صفر) ينفذ على استقامته دون أن يعاني أي انحراف.

٢ إذا سقط الشعاع الضوئي مائلًا على السطح الفاصل (زاوية السقوط أكبر من الصفر) ينكسر مبتعدًا عن العمود وبزيادة قيمة زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تزداد قيمة زاوية الانكسار في الوسط الأقل كثافة ضوئية (يبتعد الشعاع المنكسر تدريجيًا عن العمود المقام وفي نفس الوقت يقترب تدريجيًا من السطح الفاصل).

③ عندما تبلغ زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة قيمة معينة تبلغ زاوية الانكسار في الوسط الأقل كثافة أكبر قيمة لها = $90°$, ويخرج الشعاع المنكسر موازيًا للسطح الفاصل (مماسًا له/ منطبقًا عليه) وتُسمى زاوية السقوط في الحالة (الزاوية الحرجة ϕ_c).

④ إذا كانت زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة أكبر من الزاوية الحرجة فإن الشعاع الضوئي لا ينفذ إلى الوسط الثاني (الأقل كثافة) ولكن ينعكس انعكاسًا كليًا في نفس الوسط وفقًا لقانونيّ الانعكاس.

ويمكن توضيح ذلك بالرسوم التوضيحية التالية:

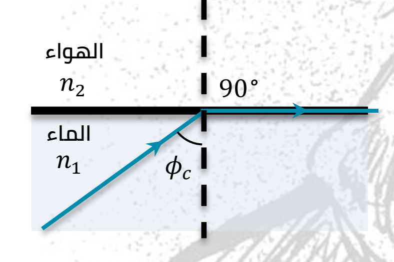


الزاوية الحرجة: هي زاوية سقوط في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابله زاوية الانكسار في الوسط الأقل كثافة ضوئية تساوي $90°$.

الانعكاس الكلي: هو انعكاس الشعاع الضوئي داخل الوسط الأكبر كثافة ضوئية عندما تكون زاوية سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة بين الوسطين.

العلاقة بين الزاوية الحرجة ومعامل الانكسار

بفرض أن (n_1) معامل انكسار الضوء في الوسط الأكبر كثافة، (n_2) معامل انكسار الضوء في الوسط الأقل كثافة، (ϕ_c) الزاوية الحرجة.



① **بتطبيق قانون سنل:** $n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$

بما أن: $\phi = \phi_c, \theta = 90°$

إذًا: $n_1 \sin\phi_c = n_2 \sin 90°$

② **لكن:** $\sin 90 = 1$

$\therefore n_1 \sin\phi_c = n_2$

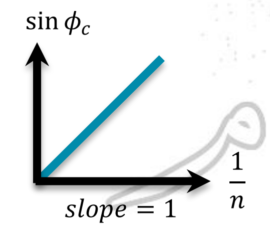
$$\therefore \sin\phi_c = \frac{n_2}{n_1} = {}_1n_2 = \frac{\sin(\phi_c)_1}{\sin(\phi_c)_2}$$

أي أن: معامل الانكسار من الوسط الأكبر كثافة إلى الأقل كثافة = جيب الزاوية الحرجة.

③ عندما يكون الوسط الأقل كثافة ضوئية هو الهواء فإن: $n_2 = 1$

$$n_1 = \frac{1}{\sin\phi_c}$$ أو $$\therefore \sin\phi_c = \frac{1}{n_1}$$

أي أن: معامل الانكسار المطلق للوسط = مقلوب جيب الزاوية الحرجة.



لاحظ:

① تتوقف الزاوية الحرجة لوسط مع الهواء على معامل الانكسار المطلق للوسط (علاقة عكسية).

② تتوقف الزاوية الحرجة بين وسطين على:
- نوع مادة الوسطين (معامل انكسار الضوء للمادتين).
- الطول الموجي للشعاع الضوئي الساقط.

③ حاصل ضرب معامل انكسار أي وسط × جيب الزاوية الحرجة فيه لهذا الوسط = 1

④ حاصل ضرب معامل انكسار أي وسط × مقلوب جيب الزاوية الحرجة فيه لهذا الوسط = n_2

⑤ الزاوية الحرجة تختلف باختلاف لون الضوء أي باختلاف الطول الموجي (λ) حيث تتناسب الزاوية الحرجة (ϕ_c) طرديًا مع الطور الموجي لذلك الزاوية الحرجة للضوء الأزرق أصغر منها للضوء الأحمر (الأكبر طول موجي).

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} \qquad , n = \frac{c}{v}$$

$$\sin\phi_c = \frac{v}{c} = \frac{\lambda v}{c}$$

يتألق الماس بشدة أكبر جدًا عن الزجاج لأن معامل الانكسار المطلق للماس كبير (2.4) فتكون الزاوية الحرجة بينه وبين الهواء صغيرة (24°) فيعاني الشعاع الضوئي الداخل إلى الماس عدة انعكاسات كلية مما يسبب تألق قطعة الماس بينما معامل الانكسار المطلق للزجاج (1.5) فتكون الزاوية الحرجة بينه وبين الهواء كبيرة (42°) فلا يحدث داخله انعكاسات كلية كثيرة فلا يتألق.

عند وضع مصدر ضوئي أزرق في مركز مكعب مصمت من الزجاج تظهر بقعة مضيئة دائرية على حائل أمام المكعب وإذا استبدل مصدر الضوء الأزرق بآخر أحمر تظهر البقعة المضيئة مربعة الشكل لأن الطول الموجي يتناسب طرديًا مع الزاوية الحرجة وحيث أن الطول الموجي للضوء الأزرق صغير فتكون الزاوية الحرجة له صغيرة وبالتالي يحدث انعكاس كلي لأشعة اللون الأزرق قبل وصولها إلى الأحرف الجانبية للمكعب فتظهر البقعة المضيئة دائرية الشكل بينما في حالة الضوء الأحمر الطول الموجي له كبير وكذلك الزاوية الحرجة كبيرة فلا يحدث انعكاس كلي للأشعة فتستطيع الوصول إلى الأحرف الجانبية للمكعب فتظهر البقعة المضيئة مربعة الشكل.

مسائل عامة للتدريب

① إذا كان معامل انكسار الضوء في الماء 1.3 وفي البنزين 1.5 فما مقدار الزاوية الحرجة لنفاذ الضوء من البنزين إلى الماء؟

الحل:

$$\sin\phi_c = {}_{\text{أكبر}}n_{\text{أقل}} = {}_{\text{بنزين}}n_{\text{ماء}} = \frac{n_{\text{ماء}}}{n_{\text{بنزين}}} = \frac{1.3}{1.5} = 0.866666666$$

$$\phi_c = 60.07356513^\circ$$

$$\phi_c = 60^\circ\ 4'\ 24.83''$$

② إذا كانت الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء $48^\circ\ 12'$ والزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهوا 41° فما هي الزاوية الحرجة بين الزجاج والماء؟

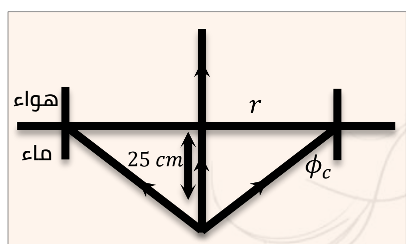
الحل:

$$\sin\phi_c = \frac{\sin(\phi_c)_{\text{الأكبر}}}{\sin(\phi_c)_{\text{الأصغر}}} = \frac{\sin 41}{\sin 48^\circ\ 12'} = 0.880053857$$

$$\phi_c = 61^\circ\ 38'\ 55.9''$$

③ وُضِعَ مصباح كهربي مضيء على عمق $25\ cm$ في حوض مملوء بالماء، احسب أقل نصف قُطر للقرص الذي يجب وضعه على سطح الماء حتى لا يمكن رؤية ضوء المصباح علمًا بأن مُعامل انكسار الماء 1.3.

الحل:



$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.3} = 0.769230769$$
$$\phi_c = 50.28^\circ$$

من هندسة الشكل:

$$\tan\phi_c = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \Longrightarrow \tan 50.28 = \frac{r}{25}$$
$$\therefore r = 30\ cm$$

تطبيقات الانعكاس الكلي

من أهم التطبيقات على الانعكاس الكلي:

① الألياف الضوئية (البصرية).
② المنشور العاكس.
③ السراب.

الألياف الضوئية (البصرية)



تركيبها:

قضيب أسطواني مصمت رفيع من مادة مرنة شفافة للضوء معامل انكسارها كبير نسبيًا.



فكرة عملها:

الانعكاس الكلي.

شرح عملها:



عند سقوط شعاع ضوئي على أي جزء من الجدار الداخلي للّيفة الضوئية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة فإنه يلقى عدة انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من الطرف الأخر للّيفة الضوئية دون فقد يُذكر في الشدة الضوئية وذلك على الرغم من انثناء هذه اللّيفة.

استخداماتها:

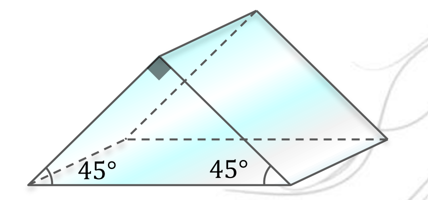
① نقل الضوء إلى أماكن يصعب الوصول إليها.
② المناظير الطبية والتي تُستخدم في:
- الفحص والتشخيص.
- إجراء العمليات الجراحية باستخدام أشعة الليزر.

③ الاتصالات عن طريق تحويل الإشارات الكهربية إلى ومضات ضوئية في كابلات من الألياف الضوئية.

لاحظ:

تُفضّل اللّيفة الضوئية المكوّنة من طبقتين عن تلك التي مكوّنة من طبقة واحدة لأن الطبقة الخارجية يكون معامل انكسار مادتها أقل من مُعامل انكسار مادة الطبقة الداخلية فتعكس الضوء المتسرب من الطبقة الداخلية انعكاسًا كليًا للداخل مرّة أخرى وبذلك يمكن الحفاظ على الشدة الضوئية للضوء المنقول بالليفة الضوئية وبالتالي تزداد كفاءتها

المنشور العاكس



الوصف:

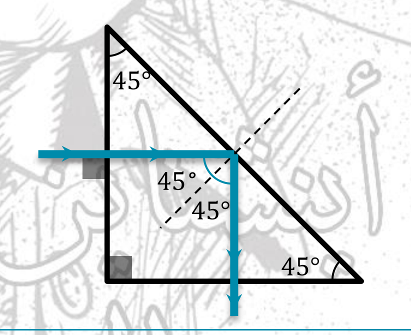
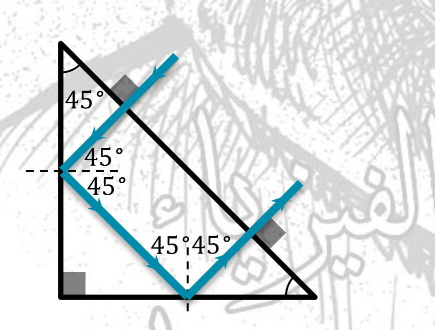
- منشور ثلاثي من الزجاج قائم الزاوية وضلعا القائمة متساويان (متساوي الساقين).
- زواياه $(90°, 45°, 45°)$.
- مُعامل انكسار مادته 1.5 أي أن الزاوية الحرجة له مع الهواء $41.8°$ (تقريبًا $42°$).

فكرة العمل:

الانعكاس الكلي.

الاستخدام:

يُستخدم في تغيير مسار الشعاع الضوئي بمقدار $90°$ أو $180°$.

تغيير مسار الشعاع الضوئي بمقدار $90°$	تغييري مسار الشعاع الضوئي بمقدار $180°$
عندما يسقط شعاع ضوئي عمودي على أحد الضلعين القائمين فإنه ينفذ على استقامة ليسقط على السطح المقابل للزاوية القائمة بزاوية $45°$ أي بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة للزجاج فينعكس انعكاسًا كليًا بزاوية $45°$.	عندما يسقط شعاع ضوئي عمودي على الضلع المقابل للزاوية القائمة فإنه ينفذ على استقامة ليسقط على احد الضلعين القائمين بزاوية $45°$ أي بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة للزجاج فينعكس انعكاسًا كليًا بزاوية $45°$ ويتكرر ذلك على الضلع الآخر.
يسقط الشعاع المنعكس عموديًا على الضلع القائم الآخر لينفذ منه على استقامته.	يسقط الشعاع المنعكس عموديًا على الضلع المقابل للزاوية القائمة لينفذ منه على استقامته.
لذلك يُستخدم المنشور العاكس في بعض الأجهزة البصرية مثل البيروسكوب ومنظار الميدان.	
	

لاحظ:

① يُفضّل استخدام المنشور العاكس عن السطح المعدني (المرآة) في بعض الأجهزة البصرية بسبب أنَّ:

- لأنَّ المنشور العاكس يسبب للضوء الساقط عموديًا على أحد أوجهه انعكاسًا كليًا وبالتالي يقلّ الفقد في الطاقة الضوئية بينما لا يوجد سطح عاكس تبلغ كفاءته 100%.
- السطح المعدني العاكس تقلّ كفاءته عندما يفقد بريقه وهو ما لا يحدث في المنشور.

② تُغطى أوجه المنشور بطبقة رقيقة من مادة غير عاكسة مُعامل انكسارها أقل من مُعامل انكسار الزجاج مثل

فلوريد الألومنيوم وفلوريد الماغنسيوم لتجنّب الفقد الحادث في الأشعة الضوئية عند دخولها أو خروجها من المنشور فتزداد كفاءة المنشور.

السراب

- هو ظاهرة طبيعية تحدث في الصحراء أو الطرق المرصوفة وقت الظهيرة وترى فيها صور الأجسام كما لو كانت منعكسة على سطح الماء.
- يمكن ملاحظته في الصحاري حيث ترى النخيل أو التلال صورًا مقلوبة شبيهة بتلك الصور التي تحدث بالانعكاس عن سطح الماء وهنا يظن المراقب وجود الماء.

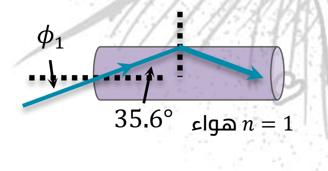
تفسير ظاهرة السراب:

- في الأيام شديدة الحرارة ترتفع درجة حرارة طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض فتقلّ كثافتها عن كثافة الطبقات التي تعلوها وتبعًا لذلك تصبح مُعاملات انكسار طبقات الهواء العليا أكبر من التي تحتها.
- الأشعة الصادرة من جسم بعيد (قمة نخلة) تنتقل من طبقة عليا إلى التي تحتها فتنكسر مبتعدة عن العمود.
- عند انتقال الشعاع من طبقة إلى طبقة يزداد انحرافه فيتخذ مسارًا منحنيًا.
- عندما تصبح زاوية سقوط الشعاع الضوئي في أحد الطبقات أكبر من الزاوية الحرجة بالنسبة للطبقة التي تحتها فإنه ينعكس انعكاسًا كليًا متخذً مسارًا منحنيًا إلى أعلى حتى يصل للعين فترى الصورة على امتداد الأشعة التي تصلها فيظن المراقب وجود ماء.



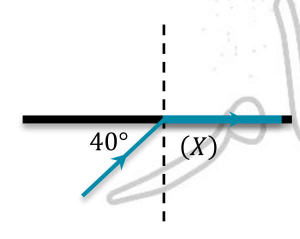
اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① الشكل المقابل يبيّن ليفة ضوئية الزاوية الحرجة لمادتها $51.4°$ فإن زاوية سقوط الشعاع الضوئي من الهواء تكون ....



- ☐ $48.1°$
- ☐ $54.4°$
- ☐ $51.4°$
- ☐ $35.6°$

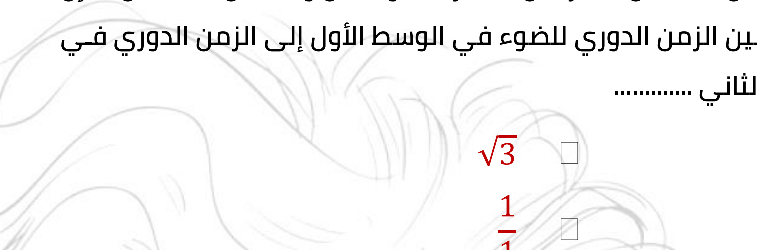
② الشكل المقابل يوضح انتقال شعاع ضوئي من الوسط (X) إلى الهواء فإن سرعة الضوء في الوسط (X) تساوي m/s ....



- ☐ 2.3×10^8
- ☐ 1.4×10^8
- ☐ 2.7×10^8
- ☐ 1.92×10^8

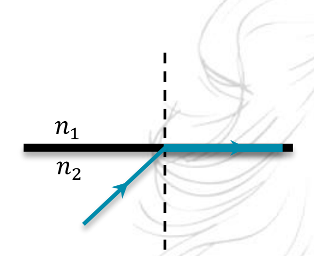
مع مستر عبدالرحمن الفيزياء بكل بساطه

③ الشكل المقابل يعبّر عن مسار الضوء بين وسطين شفافين, فإن النسبة بين الزمن الدوري للضوء في الوسط الأول إلى الزمن الدوري في الوسط الثاني ....



- ☐ $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- ☐ $\sqrt{3}$
- ☐ $\frac{1}{2}$
- ☐ $\frac{1}{1}$

④ في الشكل المقابل شعاع ضوئي ساقط على السطح الفاصل بين وسطين فانكسر مماسًا للسطح الفاصل, إذا كانت النسبة بين سرعتيّ الضوء فيهما 0.7 تكون الزاوية الحرجة بين الوسطين.



- ☐ 34.3°
- ☐ 40.4°
- ☐ 44.4°
- ☐ 54.4°

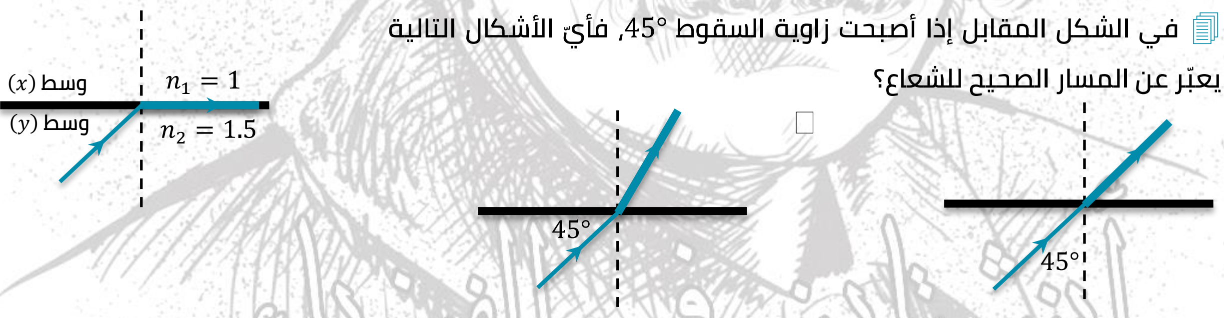
⑤ إذا كان مُعامل انكسار الماس 2.4 فإن أكبر زاوية سقوط لشعاع ضوئي من الماس بحيث ينفذ إلى الهواء تساوي

- ☐ 40.2°
- ☐ 36.2°
- ☐ 22.4°
- ☐ 24.6°

⑥ وسطين شفافين للضوء مختلفين في الكثافة الضوئية الزاوية الحرجة بينهما 55° ومُعامل الانكسار المطلق للوسط الأقل كثافة ضوئية 1.36, فيكون مُعامل الانكسار المطلق للوسط الأكبر كثافة ضوئية هو ....

- ☐ 1.52
- ☐ 1.56
- ☐ 1.62
- ☐ 1.66

⑦ في الشكل المقابل إذا أصبحت زاوية السقوط 45°, فأيّ الأشكال التالية يعبّر عن المسار الصحيح للشعاع؟



- ☐ 45°
- ☐ 45°
- ☐ 45°
- ☐ 45°

⑧ إذا علمت أن $n = 1.5$ للزجاج، فأيّ الأشكال التي أمامك يحدث للشعاع الساقط انعكاسًا كليًا؟

☐ ☐ ☐ ☐

⑨ يُستخدم الكحول في بعض المجالات الطبية، فإذا كان مُعامل انكساره المطلق ($n = 1.36$) فإذا تم تخفيفه بالماء ليصبح مُعامل انكساره المطلق (1.34) فإن التغيّر في الزاوية الحرجة له مع الهواء ....

☐ تقل بمقدار 0.94 ☐ تزيد بمقدار 1.94

☐ تقل بمقدار 1.94 ☐ تزيد بمقدار 0.94

⑩ إذا كان $n_{(زجاج)} < n_{(ماء)} < n_{(بنزين)}$ فإن الزاوية الحرجة للبنزين ...... الزاوية الحرجة في الماء بالنسبة للبنزين.

☐ أقل من ☐ أكبر من ☐ يساوي ☐ -

⑪ الشكل المقابل يوضح بعض الأشعة الضوئية الصادرة من مصدر ضوئي نقطي موضوع في سائل شفاف للضوء، فيكون مُعامل انكسار هذا السائل هو .....

☐ 2 ☐ 1.8

☐ 1.7 ☐ 1.5

⑫ إذا كانت الزاوية الحرجة لشعاع ضوئي عندما ينتقل من وسط مُعامل انكساره 1.72 إلى وسط ثاني هي 55°، فيكون مُعامل انكسار مادة الوسط الثاني ....

☐ 1.41 ☐ 1.48 ☐ 1.53 ☐ 1.56

⑬ سقط شعاع ضوئي من الهواء على سطح مادة شفافة بزاوية سقوط 50° فانعكس جزء منه وانكسر جزء آخر بحيث كانت الزاوية بين الشعاعين المنعكس والمنكسر 100°، فتكون الزاوية الحرجة للمادة الشفافة مع الهواء هي ....

☐ 36.8° ☐ 40.75° ☐ 42.68° ☐ 45.54°

⑭ الشكل المقابل يوضح منشور ثلاثي قائم الزاوية مُعامل انكسار مادته 1.6 وُضِعَ على أحد أوجهه سائل مُعامل انكساره 1.3 فإذا سقط شعاع ضوئي عموديًا على أحد ضلعيّ القائمة تكون زاوية سقوط الشعاع الضوئي على الوجه XY للمنشور ....

☐ تساوي 90°

☐ أكبر من الزاوية الحرجة بين المنشور والسائل.

☐ أقل من الزاوية الحرجة بين المنشور والسائل.

☐ تساوي الزاوية الحرجة بين المنشور والسائل.

⑮ هل يمكن أن يحدث الانعكاس الكلي عند انتقال الضوء من وسط أقل كثافة إلى وسط أعلى كثافة ضوئية؟

☐ نعم، لأن زاوية الانعكاس الكلي يعتمد على زاوية السقوط.

- ☐ لا, لأن زاوية السقوط لا يمكن أن يكون كبيرة بما فيه الكفاية.
- ☐ نعم, لأن الضوء ينكسر مبتعدًا عن العمود.
- ☐ لا, لأن الضوء ينكسر مقتربًا من العمود.

(١٦) وسطان شفافان للضوء سرعة الضوء في الوسط الأول $2 \times 10^8\ m/s$ وسرعة الضوء في الوسط الثاني $2.4 \times 10^8 m/s$, فإن النسبة بين جيب الزاوية الحرجة للوسط الأول مع الهواء وجيب الزاوية الحرجة للوسط الثاني مع الهواء $\left(\frac{\sin(\phi_c)_1}{\sin(\phi_c)_2}\right)$ تساوي ....

- ☐ $\frac{5}{6}$
- ☐ $\frac{6}{5}$
- ☐ $\frac{1}{2}$
- ☐ $\frac{2}{1}$

(١٧) في الشكل المقابل سقط شعاع ضوئي من الوسط الأول على السطح الفاصل بين الوسطين الأول والثاني فانكسر الشعاع الضوئي مماسًا للسطح الفاصل فإذا كانت النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول وسرعته في الوسط الثاني $\left(\frac{v_1}{v_2} = 0.73\right)$ فإن الزاوية الحرجة بين الوسطين تساوي ......

n_2
n_1
ϕ_c

- ☐ $39.65°$
- ☐ $41.8°$
- ☐ $46.89°$
- ☐ $49.72°$

(١٨) إذا كانت سرعة الضوء في الوسطين Y, X على الترتيب هي $2.4 \times 10^8\ m/s$, $1.8 \times 10^8\ m/s$ فإن الزاوية الحرجة بين الوسطين ....

- ☐ $48.59°$ وتقع في الوسط X
- ☐ $48.50°$ وتقع في الوسط Y
- ☐ $53.13°$ وتقع في الوسط X
- ☐ $53.13°$ وتقع في الوسط Y

(١٩) وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية الزاوية الحرجة بينهما $53.13°$ ومعامل الانكسار المطلق للوسط الأكبر كثافة ضوئية, فيكون مُعامل الانكسار المطلق للوسط الأقل كثافة ضوئية يساوي تقريبًا ....

- ☐ 0.6
- ☐ 2.33
- ☐ 1.33
- ☐ 1.67

(٢٠) ✍ إذا كان مُعامل الانكسار النسبي بين وسطين أكبر من الواحد الصحيح فإن الطول الموجي للشعاع .... عندما ينتقل للوسط الثاني.

- ☐ يقل
- ☐ يزداد
- ☐ يظل ثابت
- ☐ -

(٢١) ✍ عندما ينتقل اضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية فإن أكبر قيمة لزاوية الانكسار في الوسط الأقل كثافة ضوئية هي ....

- ☐ $180°$
- ☐ $90°$
- ☐ $45°$
- ☐ $42°$

(٢٢) ✍ يحدث الانعكاس الكلي عندما ....

- ☐ يمر الضوء من الهواء إلى الماء.
- ☐ يمر الضوء في الزجاج وينعكس في الزجاج.
- ☐ ينكسر الضوء عندما يخرج من الزجاج إلى الهواء.
- ☐ تكون زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة.

(٢٣) ✍ سقط شعاع من وسط أكبر كثافة ضوئية فخرج الشعاع منطبقًا على السطح الفاصل بين الوسطين فإذا كان مُعامل الانكسار لهذا الوسط (1.3) فإن زاوية السقوط تساوي تقريبًا ....

- ☐ $30°$
- ☐ $60°$
- ☐ $50°$
- ☐ $90°$

(٢٤) سقط شعاع من وسط أكبر كثافة ضوئية بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة على السطح الفاصل مع الهواء فإن الشعاع ....

- ☐ ينعكس بنفس زاوية السقوط.
- ☐ ينكسر مقتربًا من العمود.
- ☐ ينكسر موازيًا للسطح الفاصل.
- ☐ ينكسر مبتعدًا عن العمود.

(٢٥) إذا كان مُعامل الانكسار من وسط (A) إلى وسط (B) يساوي $\frac{1}{\sqrt{2}}$ فإن زاوية السقوط التي يجب أن يسقط بها شعاع من أحد الوسطين للآخر ليخرج مماسًا للسطح الفاصل بين الوسطين هي ....

- ☐ $30°$
- ☐ $45°$
- ☐ $40°$
- ☐ $35°$

(٢٦) إذا كانت الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء $48°$ وللزجاج بالنسبة للهواء $41°$، فإن الزاوية الحرجة بين الزجاج والماء تساوي تقريبًا ....

- ☐ $49°$
- ☐ $45°$
- ☐ $40°$
- ☐ $62°$

(٢٧) إذا سقط شعاع ضوئي من الزجاج الذي مُعامل انكساره 1.5 على السطح الذي يفصله عن الهواء بزاوية $45°$ فإن هذا الشعاع ....

- ☐ ينفذ منكسرًا بزاوية أكبر من $45°$
- ☐ ينعكس انعكاسًا كليًا بزاوية $45°$
- ☐ ينفذ منكسرًا بزاوية أصغر من $45°$
- ☐ ينفذ مماسًا للسطح الفاصل بين الزجاج والهواء.

(٢٨) يحدث الانعكاس الكلي للضوء عندما تنتقل الأشعة من الوسط ....

- ☐ الأكبر كثافة وزاوية سقوطها أكبر من الزاوية الحرجة.
- ☐ الأكبر كثافة وزاوية سقوطها أقل من الزاوية الحرجة.
- ☐ الأقل كثافة وزاوية سقوطها أقل من الزاوية الحرجة.
- ☐ الأقل كثافة وزاوية سقوطها أكبر من الزاوية الحرجة.

(٢٩) ليفة ضوئية مُعامل انسكار مادتها 2.1 مغلفة بطبقة خارجية، فيكون مُعامل انكسار مادة الطبقة الخارجية التي تجعل الزاوية الحرجة بين الطبقتين $32°$ هو ....

- ☐ 1.11
- ☐ 3.96
- ☐ 2.25
- ☐ 4.32

(٣٠) في الشكل المقابل سقط شعاع ضوئي بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة بين الماء والهواء، فإن مسار الشعاع بعد اصطدامه بالسطح الفاصل يمثل المتجه ....

- ☐ AF
- ☐ AD
- ☐ AC
- ☐ AB

(٣١) في الشكل السابق إذا سقط الشعاع الضوئي بزاوية سقوط تساوي الزاوية الحرجة بين الماء والهواء فإن مسار الشعاع بعد اصطدامه بالسطح الفاصل يمثل المتجه ....

- ☐ AF
- ☐ AD
- ☐ AC
- ☐ AB

(٣٢) توقف الزاوية الحرجة بين وسطين على ....

- ☐ مُعامل الانكسار المطلق للوسط الأكبر كثافة ضوئية فقط.
- ☐ مُعامل الانكسار المطلق للوسط الأقل كثافة ضوئية فقط.
- ☐ مُعامل الانكسار المطلق للوسطين.

☐ زاوية سقوط الشعاع الضوئي على السطح الفاصل بين الوسطين.

(٣٣) إناء جداره سميك من مادة شفافة للضوء مُعامل انكسار مادتها 1.52 يحتوي على سائل مُعامل انكساره 1.44 فتكون الزاوية الحرجة بينهما ....

☐ 68.42° وتقع في مادة الإناء. ☐ 71.33° وتقع في مادة الإناء.
☐ 68.42° وتقع في السائل. ☐ 71.33° وتقع في السائل.

(٣٤) الشكل المقابل يوضح أربعة أشعة تسقط على منشور ثلاثي متساوي الساقين أيٌّ من هذه الأشعة يغيّر اتجاهه بمقدار 180°؟

☐ 4 ☐ 3
☐ 2 ☐ 1

①
②
③
④

(٣٥) عند إضاءة مصباح تحت سطح الماء تظهر بقعة مضيئة على سطح الماء على شكل بقعة ....

☐ مستطيلة. ☐ مربعة. ☐ دائرية. ☐ أسطوانية.

(٣٦) تتعيّن الزاوية الحرجة بين وسطين من العلاقة: $\sin \phi_c = n_2 \div n_1$ وهذا يعني أن ....

☐ $n_2 < n_1$ ☐ $n_2 > n_1$ ☐ $n_2 = n_1$ ☐ لا يمكن تحديد الإجابة

(٣٧) إذا كان مُعامل انكسار الماس 2.4, فإن أكبر زاوية سقوط لشعاع ضوئي في الماس بحيث ينفذ إلى الهواء تساوي

☐ 40.2° ☐ 36.2° ☐ 32.4° ☐ 24.6°

(٣٨) قد لا نرى قاع حمام السباحة عند النظر إليه من الهواء بسبب حدوث ....

☐ تداخل للضوء. ☐ حيود للضوء. ☐ انكسار للضوء. ☐ انعكاس كلي للضوء.

(٣٩) كلما زاد الفرق بين درجة حرارة طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض والطبقات الأعلى منها فإن فرصة حدوث ظاهرة الانعكاس الكلي ....

☐ تزداد. ☐ تقل. ☐ لا تتغيّر. ☐ تنعدم.

(٤٠) الشكل المقابل يوضح مصدر ضوئي موضوع داخل وسط شفاف, فماذا يحدث للشعاع (3) عند السطح الفاصل بين الوسطين؟

السطح
الفاصل
①
②
③
مصدر ضوئي

☐ ينعكس لأن زاوية السقوط زاوية الانعكاس.
☐ ينعكس لأن زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة بين الوسطين.
☐ ينكسر لأن زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة بين الوسطين.
☐ ينكسر لأن زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة بين الوسطين.

.41 في كابلات الألياف الضوئية, لماذا يمكن للضوء الاحتفاظ بشدته؟

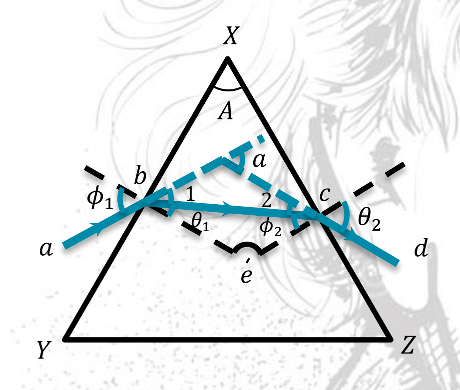
☐ لأن زاوية الخروج صغير جدًا بالنسبة للمواد المستخدمة.
☐ لأن الزاوية الحرجة مع الهواء غير متساوية في الطرفين.
☐ لأن الألياف البصرية لديها انعكاس داخلي كامل.
☐ لأن مواد الكابل لا تتصل مع الهواء.

42. في اللّيف الضوئي يكون مُعامل انكسار مادة القلب ....
- ☐ أكبر أو أصغر من مادة الغلاف اعتمادًا على زاوية السقوط.
- ☐ أقل من مُعامل انكسار مادة الغلاف.
- ☐ مساويًا لمُعامل انكسار مادة الغلاف.
- ☐ دائمًا أكبر من مُعامل انكسار مادة الغلاف.

43. في أي الأمكان التالية يمكنك رؤية السراب ....
- ☐ فوق بحيرة دافئة في يوم دافئ.
- ☐ فوق طريق أسفلتي في يوم حار.
- ☐ فوق منحدر التزحلق في يوم بارد.
- ☐ فوق الرمل على الشاطئ في يوم حار.

44. يرجع تأثير السراب إلى ....
- ☐ أسرع أشعة الضوء تصل عينيك أولًا.
- ☐ الماء على الطريق.
- ☐ تبخر الماء.
- ☐ الاختلافات في درجة حرارة الهواء.

انحراف الضوء في المنشور الثلاثي



عند سقوط شعاع ضوئي مثل (ab) على الوجه (XY) لمنشور ثلاثي فإنه ينكسر في الاتجاه (bc) مقتربًا من العمود وتكون زاوية السقوط (ϕ_1) وزاوية الانكسار (θ_1).

الشعاع (bc) يسقط على الوجه الآخر (XZ) فينكسر مبتعدًا عن العمود ويخرج في الاتجاه (cd) وتكون زاوية سقوطه هي (ϕ_2) وزاوية الخروج (θ_2).

نستنتج من ذلك أن الشعاع ينكسر مرّتين لذا ينحرف عن مساره الأصلي بزاوية معيّنة تُسمى زاوية الانحراف (a).

زاوية الانحراف:

هي الزاوية الحادة بين امتدادي الشعاعين الساقط والخارج في المنشور الثلاثي.

الزوايا	زاوية السقوط الأولى	زاوية السقوط الثانية	زاوية الانكسار عند الوجه الأول	زاوية الخروج	زاوية رأس المنشور	زاوية الانحراف
رمزها	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2	A	a

قوانين المنشور الثلاثي

القانون الأول: (العلاقة بين زاوية رأس المنشور A وزاوية الانكسار θ_1 وزاوية السقوط الثانية ϕ_2):

- الشكل $(bXce)$ رباعي دائري (مجموع أي زاويتين متقابلتين = $180°$).
- المثلث (bce) مجموع قياسات زواياه = $180°$.

$$\therefore A + e = 180°$$
$$\therefore \theta_1 + \phi_2 + e = 180°$$
$$A + e = \theta_1 + \phi_2 + e$$
$$\therefore \boldsymbol{A = \theta_1 + \phi_2} \Rightarrow (1)$$

أي أن: زاوية رأس المنشور = زاوية الانكسار + زاوية السقوط الثانية.

القانون الثاني: (العلاقة بين زاوية الانحراف a وزاوية السقوط ϕ_1 وزاوية الخروج θ_2 وزاوية المنشور A):

- **بما أن:**

(a) زاوية خارجية بالنسبة للمثلث bce:

$\therefore a = 1 + 2 \quad ,1 = \phi_1 - \theta_1 \quad ,2 = \theta_2 - \phi_2$

$\therefore a = (\phi_1 - \theta_1) + (\theta_2 - \phi_2) = \phi_1 + \theta_2 - (\theta_1 + \phi_2)$

$A + e = \theta_1 + \phi_2 + e$

$\therefore \boldsymbol{A = \theta_1 + \phi_2} \Longrightarrow (1)$

- **بما أن:** $A = \theta_1 + \phi_2$

$\therefore a = \phi_1 + \theta_2 - A \Longrightarrow (2)$

أي أن: زاوية الانحراف = زاوية السقوط + زاوية الخروج - زاوية رأس المنشور.

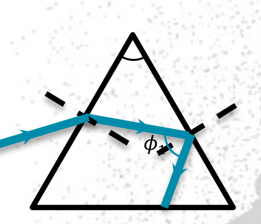
الكمية الفيزيائية	العوامل التي تتوقف عليها
زاوية الانكسار (θ_1)	(1) مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء المستخدم (n). (2) زاوية السقوط الأولى (ϕ_1).
زاوية السقوط الثانية (ϕ_2)	(1) زاوية الانكسار (θ_1). (2) زاوية رأس المنشور (A).
زاوية الخروج (θ_2)	(1) مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء المستخدم (n). (2) زاوية السقوط الثانية (ϕ_2).
زاوية الانحراف (a)	(1) زاوية رأس المنشور (A). (2) زاوية السقطو الأولى (ϕ_1). (3) مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء المستخدم (n).
زاوية رأس المنشور (A)	• ثابتة للمنشور الواحد. • لا تعتمد على زاوية الانكسار (θ_1) أو زاوية السقوط الثانية (ϕ_2).

إرشادات حلّ المسائل

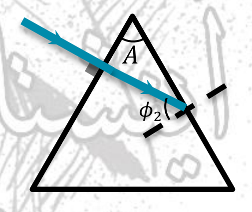
① $$n = \frac{\sin \phi_{1(\text{هواء})}}{\sin \theta_{(\text{زجاج})}} = \frac{\sin \theta_{2(\text{هواء})}}{\sin \phi_{2(\text{زجاج})}}$$



② إذا كانت زاوية السقوط الثانية (ϕ_2) أكبر من الزاوية الحرجة (ϕ_c) فإن الشعاع ينعكس انعكاسًا كليًا داخل المنشور وتكون: (زاوية السقوط الثانية = زاوية الانعكاس).



③

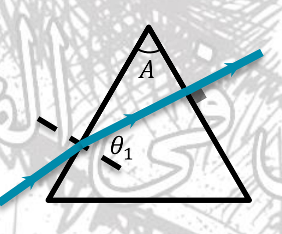


إذا سقط شعاع ضوئي عموديًا فإنه ينفذ من الوجه الأول دون أن يعاني أي انحراف ويكون:

$\phi_1 = \theta_1 = 0°$

$A = \phi_2$

$a = \theta_2 - \phi_2$

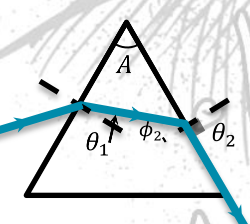


إذا خرج الشعاع الضوئي عموديًا فإنه يخرج على استقامته دون أن يعاني أي انحراف يكون:

$\theta_2 = \phi_2 = 0°$

$A = \theta_1$

$a = \phi_1 - A$



إذا خرج شعاع ضوئي مماسًا لأحد وجهيّ المنشور يكون:

$\phi_2 = \phi_c$

$\theta_2 = 90°$

$A = \theta_1 + \phi_c$

$n = 1 \div \sin \phi_c$

وضع النهاية الصغر للانحراف

عند رسم علاقة بيانية بين زاوية الانحراف (a) وزاوية السقوط الأولى (ϕ_1) للشعاع الضوئي تكون كما بالشكل المقابل ونجد أنَّ:

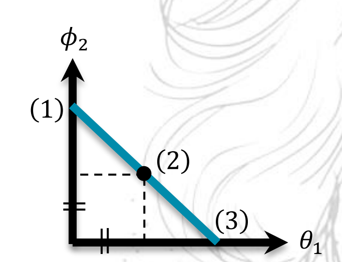
- في البداية تكون زاوية الانحراف كبيرة وتقلّ بزيادة زاوية السقوط الأولى (ϕ_1) حتى تصل لأقل قيمة لها عند زاوية سقوط معينة (ϕ_0)، ويُطلق على زاوية الانحراف في هذه الحالة زاوية النهاية الصغرى للانحراف (a_0).
- بعد وضع النهاية الصغر للانحراف تزداد زاوية الانحراف بزيادة زاوية السقوط الأولى (ϕ_1).

وضع النهاية الصغرى للانحراف: هو الوضع الذي تكون فيه زاوية الانحراف لها أقل قيمة.

عند وضع النهاية الصغرى للانحراف نجد أنَّ:

- زاوية السقوط الأولى (ϕ_1) = زاوية الخروج $(\theta_2) = \phi_0$
- زاوية الانكسار (θ_1) = زاوية السقوط الثانية $(\phi_2) = \theta_0$

العلاقة بين زاوية الانكسار θ_1 وزاوية السقوط الثانية ϕ_2



- ترتبط زاوية الانكسار مع زاوية السقوط الثانية بالعلاقة: $A = \theta_1 + \phi_2$ وبالتالي: $\phi_2 = A - \theta_1$
- ونظرًا لثبوت قيمة زاوية رأس المنشور (A) للمنشور الواحد فإنه بزيادة قيمة θ_1 تقلّ قيمة ϕ_2.
- يمكن تمثيل العلاقة بينهما بيانيًا كما بالرسم البياني المقابل بحيث تمثّل:

النقطتان (1,3):
قيمة زاوية رأس المنشور.

النقطة (2):
وضع النهاية الصغرى للانحراف، والذي عنده يكون: $(\theta_1 = \phi_2)$.

معامل انكسار مادة المنشور في وضع النهاية الصغرى للانحراف

في وضع النهاية الصغرى للانحراف يكون:

$\theta_1 = \phi_2 = \theta_0$ $A = \theta_1 + \phi_2$ $A = \theta_0 + \theta_0 = 2\theta_0$ $\therefore \theta_0 = \frac{A}{2} \Longrightarrow (2)$	$\phi_1 = \theta_2 = \phi_0$ $a_0 = \phi_1 + \theta_2 - A$ $a_0 = \phi_0 + \phi_0 - A = 2\phi_0 - A$ $\therefore \phi_0 = \frac{a_0 + A}{2} \Longrightarrow (1)$

بما أن:

$$n = \frac{\sin \phi_0}{\sin \theta_0}$$

من (2, 1) يكون:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

من هذه العلاقة يتضح أن زاوية رأس المنشور ثابتة للمنشور الواحد وبالتالي فإن تغيّر مُعامل انكسار مادة المنشور

لكل لون يتبعه تغيّر في قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف فعند زيادة n تزداد α_0 والعكس صحيح، فمُعامل الانكسار وزاوية الانحراف يتوقفان على الطول الموجي (كلما زاد الطول الموجي قلّ مُعامل الانكسار وقلّت زاوية الانحراف).

العوامل التي تتوقف عليها زاوية النهاية الصغرى للانحراف:

① زاوية رأس المنشور (A).

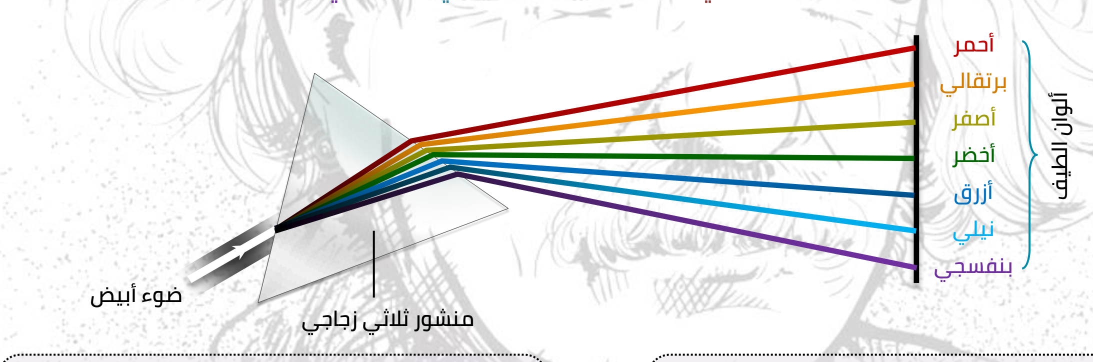
② مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء المستخدم (n).

③ الطول الموجي للضوء الساقط (λ).

تفريق الضوء بواسطة المنشور الثلاثي

يتكوّن الضوء الأبيض من سبعة ألوان لكل لون طول موجي فيكون لكل لون زاوية انحراف، لذلك إذا سقطت حزمة من ضوء أبيض على منشور ثلاثي في وضع النهاية الصغرى للانحراف فإنه يخرج من المنشور متفرقًا إلى ألوان الطيف السبعة وهي بالترتيب (من جهة رأس المنشور إلى قاعدته):

(أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي، بنفسجي)



الضوء الأحمر: أقل الألوان انحرافًا وترددًا وطاقة ومُعامل انكسار وأكبرها طول موجي.

الضوء البنفسجي: أكبر الألوان انحرافًا وترددًا وطاقة ومُعامل انكسار وأقلها طول موجي.

مسائل عامة للتدريب

① منشور زاوية رأسه $60°$ سقط شعاع على أحد وجهيه بزاوية $45°$ فإذا كان مُعامل انكسار مادة المنشور أوجد زاوية الخروج وزاوية الانحراف.

الحل:

$$n = \frac{\sin \phi_1}{\sin \theta_1}$$

$$\sin \theta_1 = \frac{\sin \phi_1}{n} = \frac{\sin 45°}{\sqrt{2}} = 0.5 \Rightarrow \theta_1 = 30°$$

$$A = \theta_1 + \phi_2$$

$$\therefore \phi_2 = A - \theta_1 = 60 - 30 = 30°$$

بما أنَّ $\theta_1 = \phi_2$ يكون المنشور في وضع النهاية الصغرى للانحراف. $\therefore \phi_1 = \theta_2 = 45°$

$$a = \phi_1 + \theta_2 - A = 45 - 45 - 60 = 30°$$

② احسب زاوية سقوط شعاع ضوئي على أحد وجهيّ منشور ثلاثي زاوية رأسه $30°$ ومُعامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ فخرج عموديًا على الوجه الآخر.

الحل: بما أن الشعاع خرج عموديًا على الوجه الآخر يكون:

$$\theta_2 = \phi_2 = 0, A = \theta_1 = 30°$$

$$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1}$$

$$\sin\phi_1 = n\sin\theta_1 = \sqrt{3}\sin 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

③ سقط شعاع ضوئي عموديًا على أحد وجهيّ منشور ثلاثي من الزجاج فخرج مماسًا للوجه المقابل فإذا كانت زاوية رأس المنشور $45°$ أوجد مُعامل انكسار مادته وسرعة الضوء في مادة المنشور علمًا بأن سرعة الضوء في الهوا $3 \times 10^8\ m/s$.

الحل: بما أن الشعاع سقط عموديًا يكون:

$$\theta_1 = \phi_1 = 0, A = \theta_1 + \phi_2$$

$$\therefore \phi_2 = A - \theta_1 = 45 - 0 = 45°$$

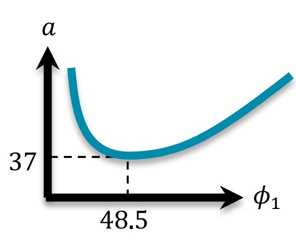
بما أن الشعاع خرج مماسًا يكون:

$$\phi_2 = \phi_c = 45°$$

$$n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{1}{\sin 45°} = 1.414$$

$$n = \frac{c}{v} \Longrightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.414} = 2.1 \times 10^8\ m/s$$

④ الرسم البياني المقابل يوضح العلاقة بين زوايا سقوط شعاع ضوئي ϕ_1 على أحد أوجه منشور ثلاثي وزوايا الانحراف a لهذا الشعاع، من القيم الموضحة على الرسم احسب زاوية خروج الشعاع وزاوية رأس المنشور ومُعامل انكسار مادة المنشور



الحل: عند وضع النهاية الصغرى للانحراف يكو:

$$\phi_1 = \theta_2 = 48.5^\circ$$

$$a_0 = \phi_1 + \theta_2 - A = 2\phi_1 - A$$

$$A = 2\phi_1 - a_0 = (2 \times 48.5) - 37 = 60^\circ$$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\sin 48.5}{\sin 30} = 1$$

⑤ منشور ثلاثي متساوي الأضلاع مُعامل انكسار مادته 1.732 أوجد أصغر زاوية انحراف لشعاع ضوئي يمر خلال هذا المنشور إذا غُمِرَ المنشور في سائل مُعامل انكسار

الحل: بما أن المنشور مغمور في سائل يكون:

$$n_{\text{منشور}\to\text{سائل}} = \frac{n_{\text{منشور}}}{n_{\text{سائل}}} = \frac{1.732}{1.2} = 1.443$$

$$n = \frac{\sin(a_0 + A)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \to 1.443 = \frac{(a_0 + A)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right)}{0.5}$$

$$\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right) = 1.443 \times 0.5 = 0.7215 \to \frac{a_0 + A}{2} = 46.178$$

$$a_0 + A = 2 \times 46.178 = 92.356$$

$$a_0 = 92.356 - 60 = 32.356^\circ = 32^\circ - 21' - 21.6''$$

تجربة لتوضيح الحركة التوافقية البسيطة

- منشور ثلاثي من الزجاج زاوية رأسه صغيرة (لا تزيد عن 10 درجات) دائمًا في وضع النهاية الصغرى للانحراف.
- زواياه تكون صغيرة جدًا ومن الجداول الرياضية يمكن استنتاج أنه إذا كانت الزاوية صغيرة فإن قيمة الزاوية بالتقدير الدائري = جيب الزاوية = ظل الزاوية.



الزاوية	قيمة الزاوية بالتقدير الدائري	جيب الزاوية	ظل الزاوية
2°	0.0349	0.0349	0.0349
7°	0.1222	0.1219	0.1228

- يرتبط به بعض المفاهيم مثل:

① زاوية الانحراف. ② الانفراج الزاوي. ③ قوة التفريق اللوني.

زاوية الانحراف

① بما أن المنشور الرقيق دائمًا في وضع النهاية الصغرى للانحراف.

$$n = \frac{\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

② نظرًا لأن زاوية رأس المنشور (A) صغيرة فإن الزاوية $\left(\frac{A}{2}\right)$ تعتبر صغيرة أيضًا.

$$\sin\left(\frac{A}{2}\right) = \frac{A}{2}$$

③ بفرض أن زاوية السقوط صغيرة أيضًا يكون:

$$\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right) = \left(\frac{a_0 + A}{2}\right)$$

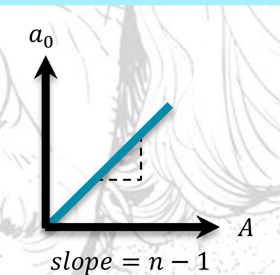
$$n = \frac{\sin\left(\frac{a_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\frac{a_0 + A}{2}}{\frac{A}{2}} = \frac{a_0 + A}{A}$$

$$\therefore a_0 + A + nA \rightarrow a_0 = nA - A$$

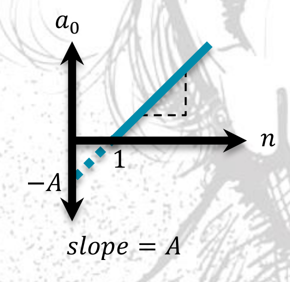
$$\therefore \boldsymbol{a_0 = A(n - a)}$$

العوامل التي تتوقف عليها زاوية الانحراف في المنشور الرقيق:

(1) زاوية رأس المنشور A (علاقة طردية)



(2) معامل انكسار مادة المنشور n (علاقة طردية)



لاحظ:

① لا تتوقف زاوية الانحراف في المنشور الرقيق على زاوية السقوط الأولى لأن المنشور الرقيق يكون دائمًا في وضع النهاية الصغرى للانحراف.

② عند وضع منشور مُعامل انكساره n_1 في سائل مُعامل انكساره n_2 تكون:

$$a_0 = A\left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right)$$

المنشور الرقيق دائمًا في وضع النهاية الصغرى للانحراف وبالتالي فهو يفرّق الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف وتتعيّن:

① زاوية انحراف الضوء الأحمر من العلاقة: $(a_0)_r = A(n_r - 1)$

② زاوية انحراف الضوء الأزرق من العلاقة: $(a_0)_b = A(n_b - 1)$

حيث n_r مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء الأحمر، n_b مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق.

$$\boldsymbol{(a_0)_b - (a_0)_r = A(n_b - n_r)}$$

ويُسمى المقدار $[(a_0)_b - (a_0)_r]$ الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر

الانفراج الزاوي بين اللونين الأزرق والأحمر:

هو الزاوية المحصورة بين امتداد الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور.

العوامل التي يتوقف عليها الانفراج الزاوي:

① زاوية رأس المنشور.

② مُعامل انكسار مادة المنشور لكلٍّ من اللونين الأزرق والأحمر.

يعتبر اللون الأصفر متوسطًا بين اللونين الأزرق والأحمر ولذلك فإنه يمكن تعيين:

① زاوية انحراف الضوء الأصفر (الانحراف المتوسط) من العلاقة:

$$(a_0)_y = A(n_y - 1) = \frac{(a_0)_b + (a_0)_r}{2}$$

② مُعامل انكسار الضوء الأصفر (مُعامل الانكسار المتوسط) من العلاقة:

$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2}$$

قوة التفريق اللوني

استنتاج قوة التفريق اللوني:

$$(a_0)_r = A(n_r - 1), \quad (a_0)_b = A(n_b - 1)$$

$$\therefore (a_0)_b - (a_0)_r = A(n_b - n_r) \quad \Longrightarrow (1)$$

$$(a_0)_y = A(n_y - 1) \quad \Longrightarrow (2)$$

بقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1) ينتج أن:

$$\omega_a = \frac{(a_0)_b - (a_0)_r}{(a_0)_y} = \frac{A(n_b - n_r)}{A(n_y - 1)} = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

قوة التفريق اللوني:

هي النسبة بين الانفراج الزاوي للونين الأ.رق والأحمر إلى زاوية انحراف اللون الأوسط لهما (الأصفر).

العوامل التي تتوقف قوة التفريق اللوني:

مُعامل انكسار مادة المنشور الرقيق للألوان الأزرق والأحمر والأصفر.

مسائل محلولة

① احسب زاوية رأس منشور رقيق من الزجاج مُعامل انكسار مادته 1.5 عند غمره في الماء فإنه يحرف الأشعة الساقطة عليه من الماء بزاوية قدرها درجة واحدة علمًا بأن مُعامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$.

الحل:

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.5}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{8}$$

$$(a_0)_y = A(n_y - 1)$$

$$1 = A\left(\frac{9}{8} - 1\right) = \frac{A}{8}$$

$$A = 8^\circ$$

② منشور رقيق زاوية رأسه 8° احسب الانفراج الزاوي بين اللونين الأحمر والبنفسيج علمًا بأن مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء البنفسجي 1.7 وللضوء الأحمر 1.5

الحل:

$$(a_0)_y - (a_0)_r = A(n_y - n_r) = 8(1.7 - 1.5) = 1.6°$$

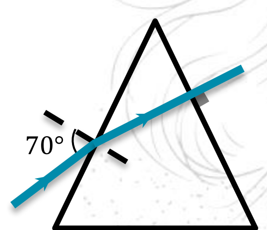
③ منشور رقيق زاوية رأسه 8° مُعامل انكسار مادته للّون الأحمر 1.52 وللّون الأزرق 1.54 احسب زاوية الانحراف كل لون والانفراج الزاوي بين اللونين وقوة التفريق اللوني للمنشور.

الحل:

$$(a_0)_b = A(n_b - 1) = 8(1.54 - 1) = 4.32°$$
$$(a_0)_r = A(n_r - 1) = 8(1.52 - 1) = 4.16°$$
$$(a_0)_b - (a_0)_r = 4.32 = -4.16 = 0.16°$$
$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2} = \frac{1.54 + 1.52}{2} = 1.53$$
$$\omega_a = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1} = \frac{1.54 - 1.52}{1.53 - 1} = 0.0377$$

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① الشكل المقابل يوضح مسار شعاع ضوء سقط على أحد أوجه منشور ثلاثي متساوي الأضلاع فخرج من الوجه المقابل على استقامة، تكون قيمة زاوية انحراف الشعاع الضوئي في المنشور ....

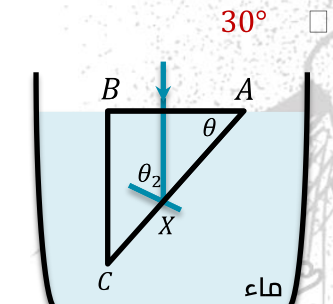


☐ 5°　☐ 10°
☐ 15°　☐ 25°

② سقط شعاع ضوئي بزاوية 45° على منشور ثلاثي زاوية رأسه 30° فخرج عموديًا لوجه الآخر، فتكون زاوية الانحراف = ...

☐ 15°　☐ 20°　☐ 25°　☐ 30°

③ وُضِعَ منشور ثلاثي داخل إناء زجاج به ماء كما بالشكل، إذا انعكس الشعاع الضوئي انعكاسًا كليًا عند النقطة (X) وخرج من الوجه (BC) وكانت، $n_{ماء} = \frac{4}{3}$، $n_{زجاج} = \frac{3}{2}$، أيّ الإجابات التالية صحيحة؟



☐ $\sin\phi_2 = \frac{8}{9}$　☐ $\sin\phi_2 < \frac{8}{9}$
☐ $\sin\phi_2 > \frac{8}{9}$　☐ $\sin\theta = \frac{8}{9}$

④ عند زيادة الطول الموجي للضوء الساقط على أحد أوجه منشور ثلاثي في وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن زاوية النهاية الصغرى للانحراف ....

☐ تزداد.　☐ تقل.　☐ لا تتغيّر.　☐ تزداد إلى حد معيّن.

⑤ عند تحلل الضوء إلى مكوناته في منشور ثلاثي، فإن الضوء البنفسجي يكون أكبر انحرافًا من الضوء الأحمر لأنَّ

☐ $n_{(بنفسجي)} > n_{(أحمر)}$　☐ $\lambda_{(بنفسجي)} > \lambda_{(أحمر)}$
☐ $v_{(بنفسجي)} > v_{(أحمر)}$　☐ جميع ما سبق.

⑥ سقط شعاع ضوئي بزاوية على أحد أوجه منشور ثلاثي زاوية رأسه $75°$ ومُعامل انكسار مادته $\sqrt{2}$ وخرج مماسًا للوجه المقابل فتكون قيمة ϕ هي ....

☐ $0°$ ☐ $30°$ ☐ $45°$ ☐ $60°$

⑦ استعرض الشكل, قام أحد الطلّاب برسم الشاعين الساقط والمنكسر كما بالشكل (A) وكانت خطأ, لكي يكون مسار الشعاع المنكسر صحيحًا يجب تعديل الشكل ليبدو مثل الشكل ....

(مُعامل انسكار مادة المنشور $n = \sqrt{3}$)

☐ (60°, 60°) ☐ (60°, 60°) ☐ (60°, 30°) ☐ (60°, 40°)

⑧ في تجربة توماس يونج إذا استخدم ضوء أحمر ثم أعيدت التجربة مع تغيير المصدر الضوئي فقط بآخر أزرق, فإن النسبة $\frac{(\Delta y)_r}{(\Delta y)_b}$ ....

☐ أكبر من 1 ☐ أقل من 1 ☐ تساوي 1 ☐ لا يمكن تحديدها.

⑨ يمثل الشكل المقابل انحراف شعاع ضوء خلال منشور رقيق معامل انكسار مادته 1.6 من خلال الشكل تكون قيمة زاوية رأس المنشور تساوي ...

(1.8°)

☐ $3°$
☐ $10°$
☐ $8°$
☐ $9°$

⑩ سقط شعاع ضوئي بزاوية ϕ على أحد أوجه منشور ثلاثي زاوية رأسه $35°$ فخرج عموديًا من الوجه الآخر, فإذا كان مُعامل انكسار مادة المنشور 1.5 فإن قيمة ϕ تساوي ....

☐ $45°$ ☐ $52.47°$ ☐ $59.36°$ ☐ $75°$

⑪ منشور ثلاثي متساوي الأضلاع سقط أحد أوجهه شعاع ضوئي بزاوية $40°$ فانكسر موازيًا للقاعدة, فتكون زاوية الخروج ....

☐ $20°$ ☐ $40°$ ☐ $60°$ ☐ $90°$

⑫ سقط شعاع ضوئي عموديًا على أحد أوجه منشور ثلاثي زاوية رأسه $38°$ فخرج مماسًا للوجه الآخر, فإن مُعامل انكسار مادة المنشور يساوي ....

☐ 1.53 ☐ 1.59 ☐ 1.62 ☐ 1.68

⑬ في الشكل المقابل تكون زاوية رأس المنشور (A) .... $45°$.

(A, $45°$, θ)

☐ أكبر من ☐ أقل من
☐ تساوي ☐ -

⑭ منشور ثلاثي زجاجي متساوي الأضلاع سقط على أحد جانبيه شعاعان ضوئيان بزوايا سقوط $(60°, 40°)$ فكانت

زاوية الانحراف واحدة لكل منهما فتكون زاوية النهاية الصغرى للانحراف هي ....

☐ $30°$ ☐ $40°$ ☐ $45°$ ☐ $50°$

(١٥) في تجربة الشق المزدوج لتوماس يونج أجريت استخدام ضوء أزرق ثم أعيدت بضوء أحمر فإن المسافة بين كل هدبتين متتاليتين من نفس النوع ....

☐ تزيد. ☐ تقل. ☐ تبقى ثابتة. ☐ تتلاشى.

(١٦) سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور ثلاثي متساوي الأضلاع بزاوية $40°$ فخرج من الوجه المقابل كما بالرسم، وعليه تكون زاوية انحراف الشعاع مساوية لـ ....

☐ $30°$ ☐ $40°$
☐ $50°$ ☐ $60°$

(١٧) إذا كان مُعامل الانكسار النسبي من الوسط A إلى الوسط B يساوي $\frac{1}{\sqrt{2}}$، فإن زاوية السقوط في أحد الوسطين التي تجعل الشعاع الضوئي ينفذ إلى الوسط الآخر مماسًا للسطح الفاصل بين الوسطين تساوي ....

☐ $30°$ ☐ $45°$ ☐ $37°$ ☐ $60°$

(١٨) سقط شعاع ضوئي عموديًا على أحد أوجه منشور ثلاثي مُعامل انكسار مادته 1.65 فخرج الشعاع مماسًا للوجه الآخر، فتكون زاوية رأس المنشور.

☐ $37°$ ☐ $48°$ ☐ $52°$ ☐ $58°$

(١٩) منشور ثلاثي مُعامل انكسار مادته $\sqrt{2}$، فإذا سقط شعاع ضوئي على أحد أوجهه بزاوية سقوط $45°$ وخرج بزاوية $45°$ تكون زاوية رأس المنشور ....

☐ $80°$ ☐ $45°$ ☐ $72°$ ☐ $60°$

(٢٠) الشكل المقابل يوضح منشور ثلاثي قائم الزاوية متساوي الساقين مُعامل انكسار مادته 1.5، سقط شعاع ضوئي على أحد أوجهه موازيًا للقاعدة وخرج من الوجه المقابل، فتكون زاوية خروجه ....

☐ $16.87°$ ☐ $25.8°$
☐ $28.1°$ ☐ $45°$

(٢١) الشكل المقابل يوضح شعاع ضوئي يسقط بزاوية ϕ_1 على منشور ثلاثي في وضع النهاية الصغرى للانحراف فإذا كان مُعامل انكسار مادة المنشور 1.366، فإن زاوية الخروج وزاوية الانحراف الصغرى هما على الترتيب ....

☐ $45°, 60°$ ☐ $45°, 75°$
☐ $60°, 60°$ ☐ $60°, 75°$

(٢٢) منشور ثلاثي متساوي الأضلاع فإذا كانت زاوية النهاية الصغرى لانحراف شعاع ضوئي سقط على أحد أوجه المنشور هي $30°$، فإن ....

	زاوية الخروج	مُعامل انكسار مادة المنشور
☐	$30°$	1.5
☐	$30°$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
☐	$45°$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
☐	$45°$	$\sqrt{2}$

٢٣) منشور رقيق زاوية رأسه $10°$ يحرف الأشعة الساقطة عليه بزاوية $5°$ فيكون مُعامل انكسار مادته ......

☐ 1.45 ☐ 1.59 ☐ 1.56 ☐ 1.5

٢٤) غمر منشور رقيق في الماء فوجد أنه يحرف الأشعة الساقطة عليه من الماء بزاوية قدرها $0.9°$ فإذا علمت أن مُعامل انكسار مادة المنشور 1.5 ومُعامل انكسار الماء 1.33, فتكون قيمة زاوية رأسه .... تقريبًا.

☐ $8°$ ☐ $7°$ ☐ $6°$ ☐ $5°$

٢٥) النسبة بين زاوية الانكسار وزاوية السقوط الثانية في منشور ثلاثي في وضع النهاية الصغرى للانحراف $\left(\frac{\theta_1}{\phi_2}\right)$

☐ أكبر من الواحد الصحيح. ☐ أصغر من الواحد الصحيح.

☐ تساوي الواحد الصحيح. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

٢٦) الشكل البياني المقابل يمثّل العلاقة بين زاوية الانكسار الأولى (θ_1) وزاوية السقوط الثانية (ϕ_2) عند مرور شعاع ضوئي خلال منشور ثلاثي, فإذا كانت الزاوية الحرجة لمادة المنشور $41.8°$, فإن زاوية الانحراف الصغرى للضوء الساقط هي ......

☐ $17.27°$ ☐ $21.73°$

☐ $25.46°$ ☐ $30.25°$

٢٧) منشور ثلاثي متساوي الأضلاع, فإذا كانت زاوية النهاية الصغرى للانحراف لشعاع ضوئي سقط على أحد أوجه المنشور $60°$, فإن مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء الساقط هو ....

☐ $\sqrt{2}$ ☐ 1.5 ☐ 1.6 ☐ $\sqrt{3}$

٢٨) سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه $8°$ ومُعامل انكسار مادته 1.5 مغمور في سائل مُعامل انكساره 1.2, فتكون زاوية انحراف الشعاع هي ....

☐ $1°$ ☐ $2°$ ☐ $2.5°$ ☐ $5°$

٢٩) سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور ثلاثي زاوية رأسه $60°$ ومُعامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ فتكون أصغر زاوية سقوط للشعاع الضوئي بحيث ينفذ من الوجه الآخر هي ....

☐ $32.32°$ ☐ $37.37°$ ☐ $42.42°$ ☐ $46.46°$

٣٠) الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية بين زوايا سقوط شعاع ضوئي (ϕ_1) على أحد أوجه منشور ثلاثي وزوايا الانحراف (α) لهذا الشعاع فإن زاوية رأس المنشور ومُعامل انكسار مادته للضوء الساقط هما على الترتيب ....

☐ $1.5, 60°$ ☐ $1.45, 80°$

☐ $1.5, 75°$ ☐ $1.35, 80°$

٣١) منشور رقيق زاوية رأسه $9°$ ومُعامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.72 وللضوء الأحمر 1.68, فإن مُعامل انكساره المتوسط يساوي ....

☐ $1.66°$ ☐ $1.69°$ ☐ $1.7°$ ☐ $1.71°$

٣٢) إذا تساوى الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر لمنشورين رقيقين الأوّل زاوية رأسه $6°$ ومُعامل انكسار مادته للضوء الأزرق والأحمر على الترتيب 1.68, 1.62 والثاني زاوية رأسه $9°$ ومُعامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.65, فيكون مُعامل انكسار مادته للضوء الأحمر ....

☐ 1.64 ☐ 4.63 ☐ 1.62 ☐ 1.61

(٣٣) الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين زوايا الانحراف لعدة مناشير رقيقة لها نفس زاوية الرأس ومُعاملات انكسار مواد هذه المناشير، فتكون زاوية رأس أي منشور منها تساوي ....

a_0
8
n
1 2

☐ 4° ☐ 6°
☐ 8° ☐ 10°

(٣٤) سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه 8° ومُعامل انكسار مادته للون الأزرق 1.664 وللّون الأحمر 1.644، فإن قيمة قوة التفريق اللوني لهذا المنشور ....

☐ 0.05 ☐ 0.04 ☐ 0.03 ☐ 0.02

(٣٥) الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية بين زوايا الرأس لعدة مناشير رقيقة مصنوعة من نفس المادة وزاوية انحراف شعاع ضوئي في كلٍّ منها، فتكون قيمة مُعامل انكسار مادة المناشير هي ....

a_0
6
A
8

☐ 1.3 ☐ 1.4
☐ 1.5 ☐ 1.75

(٣٦) منشور رقيق زاوية رأسه 9° ومُعامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.72 وللضوء الأحمر 1.68، فإن قيمة الانفراج الزاوي بين الشعاعين الأزرق والأحمر تساوي ....

☐ 0.12° ☐ 0.24° ☐ 0.28° ☐ 0.36°

(٣٧) إذا علمت أن قوة التفريق اللوني لمنشور رقيق زاوية رأسه 8° هي 0.037، ومُعامل انكسار مادته للّون الأصفر 1.54 فيكون الانفراج الزاوي للمنشور ....

☐ 0.11 ☐ 0.12 ☐ 0.14 ☐ 0.16

(٣٨) منشور رقيق زاوية رأسه 8° ومُعامل انكسار مادته للّون الأحمر 1.52 وللّون الأزرق 1.54 فتكون زاوية انحراف اللونين على الترتيب ....

☐ 4.26°, 4.16° ☐ 4.32°, 4.16° ☐ 4.16°, 4.26° ☐ 4.26°, 4.32°

(٣٩) منشور رقيق زاوية رأسه 4° مغمور في سائل مُعامل انكسار مادته 1.6 فإذا حرف شعاع الضوء بزاوية 2° يكون مُعامل انكسار مادة المنشور ....

☐ 1.5 ☐ 2 ☐ 2.13 ☐ 2.4

(٤٠) منشوران رقيقان من نفس المادة وزاوية رأس كلٍّ منهما 5° و10° على الترتيب، النسبة بين قوة التفريق اللّوني لكلٍّ منهما = ...

☐ 2 ☐ 1 ☐ 0.6 ☐ 0.5

.41 منشور رقيق زاوية رأسه 10° و $\frac{n_b}{n_r} - \frac{23}{20}$ و $n_y - 1.5$، قيمة n_b تساوي ....

☐ 1.3 ☐ 1.6 ☐ 1.4 ☐ 1.5

.42 منشور رقيق مُعامل انكسار مادته 1.5 فتكون النسبة بين زاوية انحراف الضوء فيه وزاوية رأسه ....

☐ $\frac{1}{3}$ ☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{1}{5}$ ☐ $\frac{1}{4}$

43. عند تعرّض جزء من رأس المنشور الرقيق للكسر فإن قوة التفريق اللّوني ....

☐ تزداد. ☐ تقل. ☐ تظل ثابتة. ☐ تقل تدريجيًا.

44. إذا كان ناتج جمع مُعاملَيّ انكسار منشور رقيق للشعاعين الأزرق والأحمر 3.1 وناتج طرحهما 0.1 تكون قيمة التفريق اللّوني للمنشور هي ....

☐ 1.1 ☐ 0.2 ☐ 0.18 ☐ 0.81

45. النسبة بين مُعامل انكسار مادة المنشور الثلاثي للضوء البنفسجي إلى مُعامل انكسار مادة نفس المنشور للضوء الأحمر ....

☐ أكبر من الواحد الصحيح. ☐ أصغر من الواحد الصحيح.

☐ تساوي الواحد الصحيح. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

46. منشوران رقيقان، مُعامل انكسار مادة المنشور للّونين الأحمر والأزرق في المنشور الأوّل 1.48، 1.56 على الترتيب وفي المنشور الثاني 1.63، 1.69 على الترتيب فتكون النسبة بين قوة التفريق اللّوني للمنشور الأوّل وقوّة التفريق اللّوني للمنشور الثاني هي ....

☐ $\frac{11}{13}$ ☐ $\frac{11}{15}$ ☐ $\frac{22}{13}$ ☐ $\frac{13}{22}$

47. منشور رقيق زاوية رأسه $10°$ ومُعامل انكسار مادته 1.6، غُمِرَ في سائل مُعامل انكساره 1.25، فتكون زاوية انحراف الشعاع هي ....

☐ $2.5°$ ☐ $2.8°$ ☐ $3.5°$ ☐ $6°$

48. النسبة بين قوة التفريق اللّوني لمنشور رفيق زاوية رأسه $5°$ إلى قوة التفريق اللّوني لمنشور رقيق آخر زاوية رأسه $10°$ من نفس المادة هي ....

☐ $\frac{1}{1}$ ☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{2}{1}$ ☐ $\frac{3}{2}$

49. الشعاع الذي تكون له أكبر زاوية حرجة عند انتقاله من الماء إلى الهواء هو الشعاع ....

☐ البنفسيج. ☐ الأزرق. ☐ الأصفر. ☐ الأخضر.

50. من الشكل البياني المقابل تكون قيمة X هي ....

☐ 1.5 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

a_0 ، 8 ، -4 ، n ، X

51. منشوران رقيقان زاوية رأس الأول ضِعف زاوية رأس الثاني ومُعامل انكسار مادة الأوّل 1.5 ومُعامل انكسار مادة الثاني 1.2، فتكون النسبة بين زاوية انحراف الأوّل إلى زاوية انحراف الثاني ....

☐ $\frac{10}{1}$ ☐ $\frac{20}{1}$ ☐ $\frac{5}{1}$ ☐ $\frac{1}{2}$

52. سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور ثلاثي وخرج من الوجه المقابل بزاوية خروج ثلاثة أضعاف زاوية السقوط الأولى، بحيث ينحرف الشعاع بزاوية تساوي نصف زاوية السقوط الأولى، فإن النسبة بين $\left(\frac{a}{A}\right)$ تساوي ....

☐ $\frac{1}{4}$ ☐ $\frac{1}{7}$ ☐ $\frac{2}{7}$ ☐ $\frac{2}{5}$

53. عند زيادة زاوية السقوط الأولى لشعاع ضوئي يسقط على أحد أوجه منشور ثلاثي، فإن زاوية السقوط الثانية على الوجه الآخر ....

- ☐ تزداد.
- ☐ تقل.
- ☐ لا تتغيّر.
- ☐ تنعدم.

54. في تجربة التداخل في الضوء ليونج استخدم مصدر ضوء أصفر فتكوّنت على حائل استقبال الهدب هدب التداخل فلكي نزيد وضوح هدب التداخل يجب استخدام مصدر ضوء ....

- ☐ بنفسجي.
- ☐ أزرق.
- ☐ أحمر.
- ☐ أخضر.

55. زاوية رأس المنشور الثلاثي ....

- ☐ تعتمد على كلٍّ من زاوية سقوط الشعاع الضوئي على المنشور وزاوية انكساره.
- ☐ تعتمد على زاوية سقوط الشعاع الضوئي على المنشور فقط.
- ☐ تعتمد على زاوية انكسار الشعاع الضوئي داخل المنشور فقط.
- ☐ ثابتة للمنشور الواحد.

56. العوامل التي تتوقّف عليها زاوية الانحراف في المنشور الثلاثي هي ....

- ☐ زاوية رأس المنشور.
- ☐ زاوية سقوط الشعاع الضوئي.
- ☐ مُعامل انكسار مادة المنشور.
- ☐ جميع ما سبق.

57. تتغيّر زاوية الانحراف في المنشور الثلاثي بتغيّر ....

- ☐ زاوية الانكسار الأولى.
- ☐ زاوية السقوط الأولى.
- ☐ زاوية الانعكاس.
- ☐ زاوية الخروج.

58. تتوقّف زاوية الانحراف في المنشور الرقيق على كلٍّ مما يأتي ما عدا ....

- ☐ زاوية رأس المنشور.
- ☐ زاوية السقوط الأولى.
- ☐ الطول الموجي للضوء الساقط.
- ☐ نوع مادة المنشور.

59. إذا سقطت حزمة ضوء أبيض على منشور ثلاثي مهيّأ في وضع النهاية الصغرى للانحراف، فإن الضوء الخارج من المنشور يتفرق إلى ألوان الطيف لأنَّ ....

- ☐ مُعامل انكسار المنشور مختلف لكل لون.
- ☐ كل لون له زاوية انحراف خاصة به.
- ☐ كل لون له طول موجي خاصة به.
- ☐ جميع ما سبق.

60. غُمِرَ مصباح كهربي يصدر ضوء أزرق على عمق معيّن من سطح الماء فتكوّن قرص من الضوء الأزرق على سطح الماء، فإذا وُضِعَ مصباح آخر يصدر ضوء أحمر بدلًا من الأزرق فإن ....

- ☐ الضوء يتلاشى تمام عند السطح.
- ☐ مساحة قرص الضوء تقل.
- ☐ مساحة قرص الضوء تظل كما هي.
- ☐ مساحة قرص الضوء تزداد.

61. منشوران رقيقان النسبة بين زاوية رأس كل منهما $\frac{2}{5}$، فإن النسبة بين قوة التفريق اللّوني لهما لنفس اللّونين على الترتيب تساوي ....

- ☐ $\frac{1}{1}$
- ☐ $\frac{2}{5}$
- ☐ $\frac{5}{2}$
- ☐ $\frac{2}{3}$

.62 سقط شعاعان ضوئيان متوازيان أحدهما أزرق والآخر أخضر على سطح فاصل من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية, فإذا كانت زاوية انكسار الشعاع الأخضر $90°$, فإن الشعاع الأزرق ....

- ☐ ينكسر مقتربًا من العمود.
- ☐ ينفذ دون أن يعاني أي انحراف.
- ☐ ينكسر مبتعدًا عن العمود.
- ☐ ينعكس انعكاسًا كليًا.

.63 سقط شعاع ضوئي بزاوية صفر على أحد أوجه منشور ثلاثي متساوي الأضلاع وخرج مماسًا للوجه الآخر فإن زاوية انحراف الشعاع ....

- ☐ $30°$ وتقع داخل المنشور.
- ☐ $30°$ وتقع خارج المنشور.
- ☐ $41.8°$ وتقع داخل المنشور.
- ☐ $41.8°$ وتقع خارج المنشور.

.64 ثلاث أشعة ضوئية تسقط بزوايا مختلفة على وجه منشور ثلاثي، أيّ الأشعة أكبر زاوية انحراف ....

60°
A
B
C

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ C, A

.65 عند سقوط حزمة ضيّقة من الضوء الأبيض على أحد أوجه منشور ثلاثي من الزجاج حافته مكسورة ....

- ☐ يتأثر التفريق اللّوني بغياب الجزء المكسور.
- ☐ لا يتأثر التفريق اللّوني بغياب الجزء المكسور.
- ☐ لا يوجد تفريق لوني أساسًا لغياب الجزء المكسور.
- ☐ يصبح زاوية انحراف الضوء البنفسجي أقل من زاوية انحراف الضوء الأحمر.

.66 الشكل المقابل يوضح منشورين Y, X من نوعين مختلفين من الزجاج, زاوية رأس المنشور X أقل من زاوية رأس المنشور Y فإذا سقط على كلٍّ منهما شعاع ضوئي عمودي على الوجه وخرج مماسًا للوجه الآخر في كلٍّ منهما يكون مُعامل انكسار مادة المنشور X .... مُعامل انكسار مادة المنشور Y

A_1
ϕ_2
X
A_2
ϕ_2
Y

- ☐ أكبر من
- ☐ أقل من
- ☐ يساوي
- ☐ -

.67 سرعة الشعاع الأحمر الخارج من منشور ثلاثي .... سرعة الشعاع الأزرق الخارج من نفس المنشور.

- ☐ أكبر من
- ☐ أقل من
- ☐ يساوي
- ☐ -

.68 تتساوى زاوية رأس المنشور الرقيق مع زاوية انحرافه عندما يكون مُعامل الانكسار المطلق = ...

- ☐ 2
- ☐ 1.5
- ☐ 1
- ☐ 2.5

.69 النسبة بين زاوية السقوط الأولى إلى زاوية الخروج لشعاع ضوئي سقط على أحد أوجه منشور ثلاثي في وضع النهاية الصغرى للانحراف ....

- ☐ أكبر من 1
- ☐ أقل من 1
- ☐ تساوي 1
- ☐ لا يمكن تحديد الإجابة إلا بمعرفة قيمة زاوية رأس المنشور.

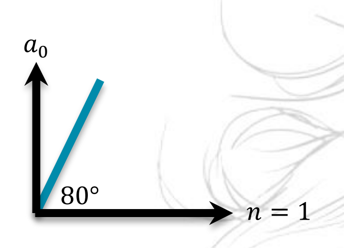
مسائل متنوعة

① منشور ثلاثي متساوي الأضلاع, إذا كانت النهاية الصغرى لانحراف شعاع ضوئي يسقط عليه $30°$, أوجد:

- ☐ معامل انكسار مادته.
- ☐ زاوية سقوط الشعاع.
- ☐ زاوية الخروج.

② من الشكل المقابل:

أوجد قيمة زاوية رأس المنشور الرقيق.



③ إذا كانت النهاية الصغرى للانحراف $30°$ لمنشور ثلاثي متساوي الأضلاع لشعاع أوجد مُعامل انكسار مادته وزاوية سقوط وخروج الشعاع في هذه الحالة.

④ سقط شعاع ضوئي عموديًا على أحد وجهيّ منشور ثلاثي من الزجاج فخرج مماسًا للوجه المقابل فإذا كانت زاوية رأس المنشور $45°$ أوجد مُعامل الانكسار لزجاج المنشور وسرعة الضوء في زجاج المنشور.

(علمًا بأن سرعة الضوء في الفراغ $3 \times 10^8\ m/s$)

⑤ إذا كان الانفراج الزاوي للشعاعين الأزرق وأحمر في منشور ثلاثي زاوية رأسه $3°$ هو 0.6 احسب الفرق بين مُعامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق ومُعامل انكساره للضوء الأحمر.

مع مستر عبدالرحمن الفيزياء بكل بساطه



الفصل الرابع خواص الموائع المتحركة

- المائع هو مادة قابلة للانسياب ولا تتّخذ شكلًا محددًا كالسوائل والغازات.
- من الخصائص العامة للموائع المتحركة: (1) السريان. (2) اللزوجة.

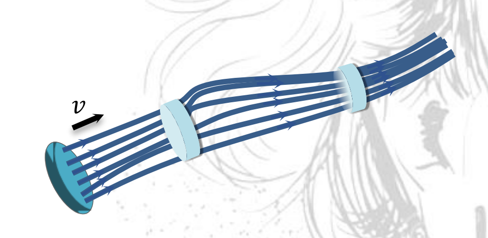
السريان

- هو تحريك المائع في الأنابيب.
- يوجد منه نوعان هما: (1) السريان الهادئ (المستقر). (2) السريان المضطرب.

السريان الهادئ

- هو سريان المائع (سائل أو غاز) بسرعات صغيرة بحيث تنزلق طبقاته المتجاورة في نعومة ويسر.
- يُسمى السريان الطبقي أو المستقر أو الانسيابي.
- تتّخذ فيه كل كمية صغيرة من السائل مسار متصل وهمي يُسمى خط الانسياب.

خصائص خطوط الانسياب:



① خطوط وهمية لا تتقاطع.
② عدد خطوات الانسياب عند أي مقطع من الأنبوبة ثابت.
③ المماس لأي نقطة على خط الانسياب يحدد اتجاه السرعة اللحظية لكمية صغيرة من السائل عند هذه النقطة.
④ سرعة سريان السائل عند نقطة تتحدد بعدد خطوط الانسياب التي تمر عموديًا بوحدة المساحات عند تلك النقطة (كثافة خطوط الانسياب عند تلك النقطة) وبالتالي تزداد سرعة المائع عند أي نقطة داخل أنبوبة السريان بزيادة كثافة خطوط الانسياب عند تلك النقطة والعكس.

شروط السريان الهادئ:

① أن تكون سرعة السائل عند النقطة الواحدة ثابتة على طول مساره (لا تتغيّر بمرور الزمن).
② أن يكون السريان غير دوّار (لا توجد دوّامات).
③ عدم وجود قوى احتكاك مؤثرة بين طبقات السائل.
④ أن يكون معدّل سريان السائل ثابتًا على طول مساره لأن السائل غير قابل للانضغاط وكثافته لا تتغيّر مع المسافة أو الزمن.

إذا كان السائل يسري داخل أنبوبة فيجب أيضًا أن:

① يملأ السائل الأنبوبة تمامًا.
② تكون كمية السائل التي تدخل إلى الأنبوبة من أحد طرفيها مساوية لكمية السائل التي تخرج من الطرف الآخر في نفس الزمن.

السريان المضطرب



يتحول السريان الهادئ لمائع إلى سريان مضطرب عند:

١. زيادة سرعة انسياب المائع عند حدّ معيّن.
٢. انتشار الغاز مِن حيّز صغير إلى حيّز كبير, أو من ضغط عالي إلى ضغط منفخض.

> يتميّز السريان المضطرب بوجود دوّامات دائرية صغيرة.

معدل السريان (الانسياب)

- هو كمية السائل المناسبة خلال مقطع من الأنبوبة في وحدة الزمن.
- يمكن التعبير عنه: بـ (1) معدل الانسياب الحجمي. (2) معدل الانسياب الكتلي.

وجه المقارنة	معدل الانسياب الحجمي	معدل الانسياب الكتلي
تعريفه	هو حجم السائل المنساب خلال مقطع معين من أنبوبة سريان مستقر في الثانية.	هو كتلة السائل المنساب خلال مقطع معين من أنبوبة سريان مستقر في الثانية.
قانونه	معدل الانسياب الحجمي = حجم السائل / الزمن بالثانية $Q_v = \frac{V_{ol}}{t}$	معدل الانسياب الكتلي = كتلة السائل / الزمن بالثانية $Q_m = \frac{M}{t}$
وحدة قياسه	m^3/s	kg/s
حسابه	معدل الانسياب الحجمي = مساحة المقطع × المسافة التي يتحركها السائل في الثانية (سرعة السائل) $\therefore \boldsymbol{Q_v = Av}$ حجم السائل المنساب في زمن قدره (t) ثانية:	معدل الانسياب الكتلي = حجم السائل المنساب خلال مقطعين معين في الثانية (معدل الانسياب الحجمي) × كثافة السائل $\therefore \boldsymbol{Q_m = Q_v\rho = Av\rho}$ كتلة السائل المنساب في زمن قدره (t) ثانية: $\boldsymbol{M = Q_m t = Av\rho t}$
السائل يسري سريانًا هادئًا وبالتالي فإن كمية السائل (حجمها وكتلتها) التي تدخل الأنبوبة = كمية السائل التي تخرج من الأنبوبة في نفس الزمن وفقًا لقانون بقاء الكتلة ولذلك فمعدّل السريان (الحجمي أو الكتلي) مقدار ثابت داخل الأنبوبة.		
النسبة بين معدّل السريان الحجمي ومعدل السريان الكتلي يساوي الكثافة.		

معدل الاستمرارية (العلاقة بين سرعة سريان السائل ومساحة مقطع الأنبوبة)

- بفرض مستويين عموديين على خطوط الانسياب عند مقطعين مختلفين من أنبوبة أسطوانية كما بالشكل:

١. **المستوى الأول:**

مساحة مقطعه (A_1) وسرعة انسياب السائل خلاله (v_1) فيكون:

معدل الانسياب الحجمي: $Q_v = A_1 v_1$

معدل الانسياب الكتلي: $Q_m = \rho A_1 v_1$

② **المستوى الثاني:**
مساحة مقطعه (A_2) وسرعة انسياب السائل خلاله (v_2) فيكون:
معدل الانسياب الحجمي: $Q_v = A_1 v_1$
معدل الانسياب الكتلي: $Q_m = \rho A_1 v_1$

- نظرًا لأن السريان هادئ يكون معدل الانسياب الكتلي والحجمي ثابت ويكون:

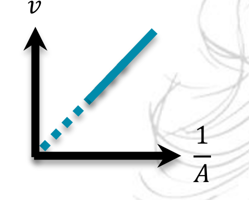
$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2$$
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

وتسمى هذه العلاقة الاستمرارية

معادلة الاستمرارية: سرعة سريان سائل عند أي نقطة في أنبوبة سريان مستقر تتناسب عكسيًا مع مساحة مقطع الأنبوبة عند تلك النقطة.

التمثيل البياني لمعادلة الاستمرارية:

- تتناسب سرعة سريان سائل في أنبوبة عكسيًا مع مساحة مقطعها $\left(v \alpha \frac{1}{A}\right)$
- ينساب السائل ببطء شديد في الأنبوبة عندما تكون مساحة مقطعها كبيرة (واسعة).
- ينساب السائل بسرعة أكبر في الأنبوبة عندما تكون مساحة مقطعها صغيرة (ضيقة).



تطبيقات على معادلة الاستمرارية

حيث أن سرعة المائع تتناسب عكسيًا مع مساحة المقطع:

① تصمم فتحات مواقد الغاز بحيث تكون مساحتها صغيرة حتى يندفع الغاز منها بسرعة عالية.
② سرعة سريان الدم في الشريان الرئيسي أكبر من سرعة سريانه في الشعيرات الدموية لأن مجموع مساحات مقاطع الشعيرات أكبر من مساحة مقطع الشريان الرئيسي وبالتالي تقلّ سرعة الدم في الشعيرات الدموية مما يسمح بحدوث عملية تبادل غازيّ الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الأنسجة وتزويدها بالمواد الغذائية.

لاحظ:
تقل مساحة مقطع عمود الماء المنساب من الخرطوم عندما توجه فوّهته رأسيًا لأسفل بينما تزداد مساحة مقطعه عندما توجه فوّهته رأسيًا لأعلى لأنه عندما يوجه فوّهة الخرطوم لأسفل يتحرك الماء في اتجاه الجاذبية الأرضية فتزداد سرعة سريان الماء فتقل مساحة مقطع عمود الماء المنساب تبعًا لمعادلة الاستمرارية وعندما توجه فوّهته لأعلى يتحرك الماء ضد الجاذبية الأرضية فتقل سرعته وبالتالي تزداد مساحة مقطع عمود الماء لثبوت معدل الانسياب.

إرشادات حل المسائل

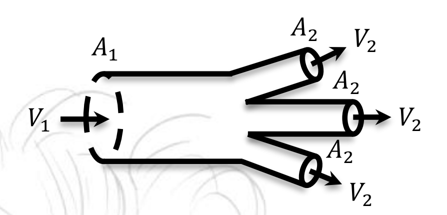
① معدل السريان الحجمي: $Q_v = Av = \pi r^2 v$
② حجم السائل في زمن (t): $V_{ol} = Q_v t = Avt$
③ معدل السريان الكتلي: $Q_m = Q_v \rho = Av\rho$
④ كتلة السائل في زمن (t): $M = Q_m t = Av\rho t = V_{ol}\rho$
⑤ معادلة الاستمرارية:
(أ) أنبوبة ذات مقطعين مختلفين:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$
$$r_1^2 v_1 = r_2^2 v_2$$

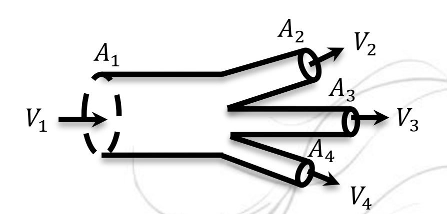
لاحظ: إذا طلب كمية السائل خلال مقطع من مقاطع الأنبوبة في زمن معين يتم حساب الحجم والكتلة.

(ب) أنبوبة متفرغة إلى عدة فروع:

متساوية في مساحة المقطع



غير متساوية في مساحة المقطع



⑥ لحساب زمن ملء خزان أو مستودع بالسائل:

$$T = \frac{V_{\text{سعة الخزان}}}{Q_{\text{معدل السريان}}}$$

⑦ إذا كان لدينا خزان يُملأ من صنبور في زمن (t_1) في حين يُملأ من صنبور آخر في زمن (t_2) ويُملأ من صنبور ثالث في زمن (t_3) وطُلِبَ منك حساب الزمن اللازم لملء الخزان إذا فتحت الصنابير معًا فإن:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$\left(\frac{V_{ol}}{t} = \frac{V_{ol}}{t_1} + \frac{V_{ol}}{t_2} + \frac{V_{ol}}{t_3}\right) \rightarrow \left(\frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + 1/t_3\right)$$

⑧ مضخة ترفع الماء بمعدل لتر/ دقيقة (نضرب في 10^{-3} ونقسم على 60) وبمعدل م³/ دقيقة (نقسم على 60).

مسائل محلولة

① أنبوبة مياه تدخل منزلًا قُطرها $2\ cm$ وسرعة سريان الماء فيها $0.1\ m/s$ وفي آخر الأمر يصبح قُطرها $1\ cm$

احسب:

- سرعة سريان الماء في الجزء الضيّق.
- كمية الماء (حجمه وكتلته) المنساب كل دقيقة خلال أي مقطع من مقاطع الأنبوبة.

(علمًا بأن: كثافة الماء $1000\ kg/m^3$)

الحل:

-

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$r_1^2 v_1 = r_2^2 v_2$$

$$(1 \times 10^{-2}) \times 0.1 = (0.5 \times 10^{-2})^2 v_2$$

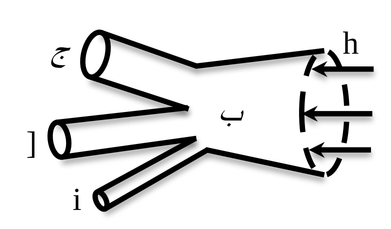
$$v_2 = 0.4\ m/s$$

-

$$V_{ol} = Q_v t = A_1 v_1 t = \pi^2 r_1 v_1 t = 3.14 \times (1 \times 10^{-2}) \times 0.1 \times 60 = 1.884 \times 10^{-3}\ m^3$$

$$M = V_{ol}\pi = 1.884 \times 10^{-3} \times 1000 = 1.884\ kg$$

② في الشكل المقابل إذا كان نصف قُطر الأنبوبة عند (أ) هو $30\ cm$ وسرعة دخول الماء عند نفس النقطة $2\ m/s$ وسرعة انسيابه عند (ج) = $3\ m/s$ وسرعة انسيابه عند (هـ) = $15\ m/s$ حيث نصف قُطر الأنبوبة عند (ب) هو $20\ cm$ وعند (ج) $15\ cm$ وعند (د) $10\ cm$ وعند (هـ) $5\ cm$ احسب كلٍّ من:



- المعدل الحجمي لدخول الماء عند (أ).
- سرعة انسياب الماء عند كل من (ب)، (د).

(علمًا بأن: $\pi = 3.14$)

الحل:

- $Q_v = Av_{ol} = \pi r^2 v = 3.14 \times (30 \times 10^{-2}) \times 2 = 0.5652\ m^3/s$
- سرعة انسياب الماء عند (ب):

$(A_1 v_1)_{\text{عند أ}} (A_2 v_2)_{\text{عند ب}}$

$r_1^2 v_1 = r_2^2 v_2$

$(30 \times 10^{-2}) \times 2 = (20 \times 10^{-2})^2 v_2$

$v_2 = 4.5 \frac{m}{s}$

سرعة انسياب الماء عند (د):

$(A_2 v_2)_{\text{عند ب}} = (A_3 v_3)_{\text{عند ج}} + (A_4 v_4)_{\text{عند د}} + (A_5 v_5)$

$r_2^2 v_2 = r_3^2 v_3 + r_4^2 v_4 + r_5^2 v_5$

$(20 \times 10^{-2}) \times 4.5 = (15 \times 10^{-2})^2 \times (10 \times 10^{-2})^2 \times v_4 + (5 \times 10^{-2})^2 \times 15$

$V_4 = 7.5\ m/s$

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة

① أنبوب مياه يضيق مساحة مقطعه إلى الربع، فإن النسبة بين سرعة الدخول إلى سرعة الخروج هي ....

- $\frac{1}{4}$
- $\frac{4}{1}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{2}{1}$

② يسري سائل في أنبوبة بسرعة v فإذا زادت سرعته إلى $2v$ فإن النسبة $\frac{r_1}{r_2}$ هي ....

- $\frac{1}{\sqrt{2}}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{2}{1}$
- $\frac{\sqrt{2}}{1}$

③ يسري حجمين من سائلين مختلفين في أنبوبتيّ سريان وكانت النسبة بين كثافتيّ السائلين $\frac{1}{4}$ وحجم الأول ضِعف حجم الثاني وكان معدّل الانسياب الكتلي ثابت فإن النسبة $\frac{t_1}{t_2}$ ....

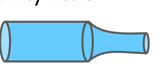
- $\frac{1}{4}$
- $\frac{4}{1}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{2}{1}$

④ أنبوب مياه يدخل منزل إذا علمت أن سرعة الخروج من الأنبوب هي 16 مرّة سرعة الدخول فتكون النسبة بين نصف قُطر الأنبوب عند الدخول إلى نصف قُطر الأنبوب عند الخروج يساوي ....

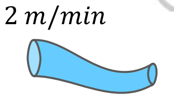
- $\frac{1}{4}$
- $\frac{4}{1}$
- $\frac{1}{16}$
- $\frac{16}{1}$

⑤ أيًا من الأشكال التي أمامك يمثّل سريانًا هادئًا؟

- $2\ m/min$ — $1\ m/min$
- $2\ m/min$ — $2\ m/min$



- $2\ m/min$ — $2.5\ m/min$



- $2\ m/min$ — $3\ m/min$

⑥ عند قياس سرعة سائل في أحد الأنابيب كانت قيمة السرعة عند نقطةٍ ما في هذه اللحظة $8\ m/s$, وفي لحظة أخرى عند نفس النقطة أصبحت السرعة $9\ m/s$ فإن نوع السريان ....

☐ سريان مضطرب. ☐ سريان هادئ.
☐ سريان هادئ ثم مضطرب. ☐ سريان مضطرب ثم هادئ.

⑦ يسري سائل خلال أنبوبة منتظمة قُطرها (X) بسرعة (v) فإذا وُضِعَ سدّادة من الفلّين في نهاية الأنبوبة وكان ثقب قُطر قطعة الفلّين يساوي $\frac{X}{4}$, فإن سرعة خروج السائل من ثقب قطعة الفلّين تساوي ....

☐ $\frac{1}{4}v$ ☐ $\frac{1}{16}v$ ☐ $4v$ ☐ $16v$

⑧ إذا كانت النسبة بين قطريّ أنبوبة 2 إلى 1 فإن النسبة بين السرعتين ....

☐ $\frac{1}{4}$ ☐ $\frac{4}{1}$ ☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{2}{1}$

⑨ أنبوبة رئيسية يسري بها ماء سريانًا هادئًا وتتفرّغ إلى عدد من الأنابيب الفرعية المتماثلة فإذا كان قُطر الأنبوبة الرئيسية ثمان أمثال قُطر الأنبوبة الفرعية وسرعة سريان الماء في الأنبوبة الفرعية أربع أمثال سرعة سريانه في الأنبوبة الرئيسية, فإن عدد الأنابيب الفرعية يساوي ....

☐ 4 ☐ 8 ☐ 16 ☐ 24

⑩ شريان يتشعّب إلى 80 شعيرة نصف قُطر كلٍّ منها $0.1\ cm$ فإذا كان نصف قُطر الشريان $0.35\ cm$ وسرعة سريان الدم فيه $0.044\ m/s$, فإن مقدار سرعة سريان الدم في الشعيرة الواحدة يساوي m/s ....

☐ 3.37×10^{-3} ☐ 6.74 ☐ 3.37 ☐ 6.74×10^{-3}

⑪ عند الشهقيق يتدفّق الهواء إلى داخل القصبة الهوائية بسرعة $15\ cm/s$, فإذا كانت مساحة مقطع كل من شعبتيّ القصبة الهوائية تساوي ربع مساحة مقطع القصبة الهوائية الرئيسية, فتكون سرعة تدفق الهواء في كل من الشعبتين هي cm/s ....

☐ 7.5 ☐ 15 ☐ 6.74 ☐ 30
☐ 45

⑫ أنبوبة يسري بها ماء سريانًا هادئًا, إذا كانت النسبة بين قُطر مقطعيّ نهايتيها هي $\frac{2}{3}$, فإن النسبة بين معدّل السريان الكتلي للسائل فيهما على الترتيب تساوي ....

☐ $\frac{2}{3}$ ☐ $\frac{4}{9}$ ☐ $\frac{3}{2}$ ☐ $\frac{1}{1}$

⑬ في السريان المستقر تكون نسبة عدد خطوط الانسياب في المقطع الواسع للأنبوبة التي ينساب فيها السائل إلى عددها في المقطع الضيّق ....

☐ أكبر من الواحد. ☐ أقل من الواحد.
☐ تساوي الواحد. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

⑭ أنبوبة سريان مستقر قُطرها الداخلي $3.5\ cm$ فإذا كانت كثافة الماء $1000\ km/m^3$ وسرعة سريان الماء خلال الأنبوبة $0.8\ m/s$, فإن معدل السريان الكتلي يساوي kg/s ....

☐ 1.155 ☐ 0.385 ☐ 1.54 ☐ 0.77

(١٥) أنبوبة مياه نصف قُطرها $3.5\ cm$ يسري بها ماء سريانًا مستقرًا بسرعة $3\ m/s$ فإن الزمن اللازم لملء خزّان مكعب الشكل طول ضلعه $226\ cm$ يساوي تقريبًا ....

☐ $1200\ s$ ☐ $1100\ s$ ☐ $1000\ s$ ☐ $900\ s$

(١٦) عندما يزداد نصف قُطر مقطع أنبوبة سريان ينساب فيها سائل انسيابًا هادئًا فإن كثافة خطوط الانسياب ......

☐ تقل. ☐ تظل ثابتة. ☐ تزداد. ☐ لا يمكن تحديد الإجابة.

(١٧) الحركة الناتجة عن اهتزاز وسطٍ ما ....

	معدل التدفق الحجمي (m^3/s)	سرعة الماء عند الطابق العلوي (m/s)
☐	10^{-3}	10
☐	10^{-3}	12
☐	3×10^{-3}	10
☐	3×10^{-3}	12

(١٨) إذا قلّ نصف قُطر أنبوبة يسري فيها سائل سريانًا هادئًا إلى النصف, فإن معدّل السريان الكتلي ....

☐ يظل ثابتًا. ☐ يقل للربع. ☐ يزداد للضِعف. ☐ يزداد لأربعة أمثاله.

(١٩) يسري سائل سريان هادئ في أنبوبة نصف قُطرها r بسرعة v تنتهي باختناق نصف قُطره $0.5\ r$, فإن سرعة السائل عند الطرف الضيق تساوي ....

☐ $0.25\ v$ ☐ $0.5\ v$ ☐ $2\ v$ ☐ $4\ v$

(٢٠) أنبوبة مياه قُطرها $2.5\ cm$ استخدمت لصبّ كمية من الماء كتلتها $11\ kg$ في إناء, فإذا لَزم وقت قدره $10\ s$ لإتمام العملية, فإن سرعة خروج الماء من الأنبوبة يساوي m/s ....

(علمًا بأن: $\rho_{ماء} = 1000\ kg/m^3$)

☐ 2 ☐ 2.24 ☐ 3 ☐ 3.32

(٢١) ✍ في السريان المستقر عدد خطوط الانسياب في المقطع الواسع .... عددها في المقطع الضيّق.

☐ أقل من ☐ يساوي ☐ أكبر من ☐ -

(٢٢) أنبوبة مساحة مقطع طرفيها $0.01\ m^2, 0.005\ m^2$ يسري بها ماء سريانًا هادئًا, فإذا كان حجم الماء المنساب $9\ m^3$ خلال $15\ min$, فإن ....

	سرعة الماء عند المقطع الضيق	سرعة الماء عند المقطع الواسع
☐	$1.5\ m/s$	$0.6\ m/s$
☐	$1.5\ m/s$	$1\ m/s$
☐	$2\ m/s$	$0.6\ m/s$
☐	$2\ m/s$	$1\ m/s$

(٢٣) يتم حقن مريض بإبرة نصف قُطرها $0.3\ mm$ فإذا كان معدل تدفق الدواء خلالها $0.5\ cm^3/s$, فإن سرعته لحظة خروجه من الإبرة m/s ....

☐ 7.71 ☐ 2.42 ☐ 1.77 ☐ 1.24

(٢٤) الشكل المقابل يوضح أنبوبة ينساب بها سائل انسيابًا مستقرًا فإذا كانت سرعة السائل عند مقطعيّ الأنبوبة y, x هي $62.5\ m/s, 10 m/s$ على الترتيب, فإن النسبة بين نصفيّ قُطر الأنوبة $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$ تساوي ....

- ☐ $\frac{2}{5}$
- ☐ $\frac{5}{2}$
- ☐ $\frac{4}{2}$
- ☐ $\frac{25}{4}$

(٢٥) النسبة بين معدل السريان الكتلي إلى معدل السريان الحجمي لسائل هي ....

- ☐ كثافة السائل.
- ☐ سرعة الانسياب.
- ☐ كتلة السائل.
- ☐ زمن سريان السائل.

(٢٦) إذا زادت مساحة مقطع الأنبوبة في السريان الهادئ إلى الضِعف فإن معدّل السريان الحجمي ....

- ☐ يزداد للضِعف.
- ☐ يقل للنصف.
- ☐ يظل ثابتًا.
- ☐ يقل للربع.

(٢٧) إذا قلّت مساحة مقطع أنبوبة السريان للنصف وزادت سرعة سريان السائل إلى الضِعف في السريان المستقر فإن معدل السريان الحجمي ....

- ☐ يظل ثابتًا.
- ☐ يزداد للضِعف.
- ☐ يقل للنصف.
- ☐ يقل إلى الربع.

(٢٨) إذا زادت مساحة مقطع الأنبوبة للضِعف في السريان الهادئ فإن سرعة السريان ....

- ☐ تزداد للضِعف.
- ☐ تقل للنصف.
- ☐ تزداد 4 أمثال.
- ☐ تظل كما هي.

(٢٩) يمكن استنتاج معادلة الاستمرارية من خلال ....

- ☐ قانون الضغط.
- ☐ القانون الثاني لنيوتن.
- ☐ قانون بقاء الكتلة.
- ☐ قاعدة أرشميدس.

(٣٠) إذا قلّ نصف قُطر أنبوبة السريان إلى النصف فإن سرعة السريان ....

- ☐ تزداد للضِعف.
- ☐ تقل للنصف.
- ☐ تزداد 4 أمثال.
- ☐ تقل للربع.

(٣١) عندما تزداد سرعة الانسياب في أنبوبة فإن خطوط السريان ....

- ☐ تزداد.
- ☐ تتزاحم.
- ☐ تقل.
- ☐ تنعدم.

(٣٢) ثلاث صنابير عند استخدامها معًا لملء حوض فإنها تستغرق $10\ min$ وإذا استخدم الصنبور الأول فقط فإنه يستغرق $20\ min$ وإذا لملء الحوض وعند استخدام الصنبور الثاني فقط فإنه يستغرق ساعة, فيكون الزمن الذي يستغرقه الصنبور الثالث فقط استخدامه لملء الحوض هو ....

- ☐ $10\ min$
- ☐ $20\ min$
- ☐ $30\ min$
- ☐ $60\ min$

(٣٣) في حالة السريان الهادئ يكون ....

- ☐ معدل الانسياب الكتلي ثابت ومعدل الانسياب الحجمي غير ثابت.
- ☐ معدل الانسياب الكتلي غير ثابت ومعدل الانسياب الحجمي ثابت.
- ☐ معدل الانسياب الكتلي ثابت ومعدل الانسياب الحجمي ثابت.
- ☐ معدل الانسياب الكتلي غير ثابت ومعدل الانسياب الحجمي غير ثابت.

٣٤ يستخدم رجل الإطفاء خراطيم لها طرف مسحوب عند إطفاء الحرائق لأن ....

- ☐ سرعة اندفاع الماء تزداد كلما قلّت مساحة المقطع.
- ☐ سرعة اندفاع الماء تقلّ كلما قلّت مساحة المقطع.
- ☐ سرعة اندفاع الماء تزداد كلما زادت مساحة المقطع.
- ☐ سرعة اندفاع الماء ثابتة مهما تغيّرت مساحة المقطع.

٣٥ الشكل المقابل يمثّل سائلًا يسري سريانًا هادئًا في أنبوبة بحيث يدخل من الطرف A ويخرج من الطرف B، فإن ....

A B

- ☐ سرعة السائل عند الطرف A مساوية لسرعة السائل عند الطرف B
- ☐ معدل سريان السائل عند الطرف A أقل من معدل سريان السائل عند الطرف B
- ☐ سرعة السائل عند الطرف A أقل من سرعة السائل عند الطرف B
- ☐ معدل سريان السائل عند الطرف A أكبر من معدل سريان السائل عند الطرف B

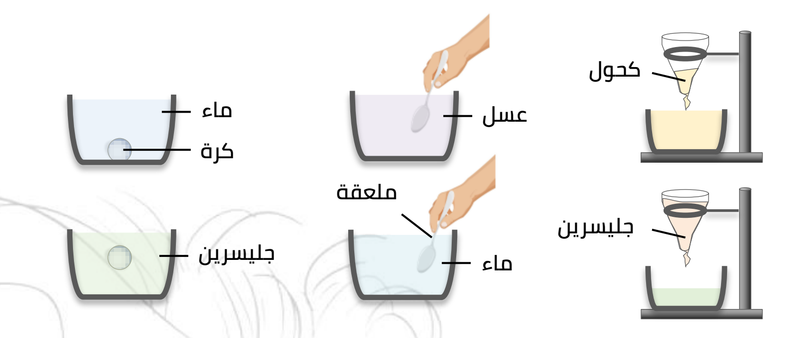
اللزوجة

يمكن توضيح خاصية اللزوجة من خلال الأنشطة التالية:

الخطوات	الملاحظة	أي أن	الاستنتاج
علّق قمعين متماثلين كل منهما في حامل وضع أسفل كل منهما كأس ثم صب في أحد القمعين حجمًا معينًا من الكحول وفي الآخر نفس الحجم من الجليسرين.	سرعة انسياب الكحول أكبر من سرعة انسياب الجليسرين.	قابلية الكحول للانسياب أكبر من قابلية الجليسرين للانسياب.	لزوجة الجليسرين أكبر من لزوجة الكحول.
قم تقليب كأسين أحدهما مملوء بحجم معين من الماء والآخر مملوء بنفس الحجم من العسل ثم أخرج الملعقة.	تتحرك الملعقة في الماء بسهولة بينما تتحرك في العسل بصعوبة وتتوقف حركة العسل بعد إخراج الملعقة بفترة قصيرة في حين تستمر حركة الماء فترة أطول.	مقاومة املاء للحركة أقل من مقاومة العسل لها.	لزوجة العسل أكبر من لزوجة الماء.
املأ كأسين متماثلين أحدهما بالماء والآخر بالجليسرين ثم ألقِ برفق كرة معدنية في كل منهما واحسب زمن وصول الكرة إلى قاع الكأس.	تتحرك الكرة في الماء أسرع منها في الجليسرين وتصل إلى قاع الكأس قبل الكرة المتحركة في الجليسرين.	الجليسرين يقاوم حركة الكرة خلاله بمقدار أكبر من مقاومة الماء لها.	لزوجة الجليسرين أكبر من لزوجة الماء.

خاصية اللزوجة:

هي الخاصية التي تتسبب في وجود مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل تعوق انزلاقها بعضها فوق بعض.



لاحظ: تقل كمية حركة جسم صلب عند تحركه في مائع بسبب لزوجة المائع التي تعمل على مقاومة حركة الجسم فتقل سرعته وبالتالي تقل كمية حركته.

تفسير خاصية اللزوجة

اللوح المتحرك v

$v = 0$

اللوح الساكن

- إذا تصورنا كمية من سائل محصورة بين لوحين مستويين أحدهما ساكن والآخر متحرك بسرعة v فإن:
  - طبقة السائل الملامس للّوح الساكن تكون ساكنة.
  - طبقة السائل الملامس للّوح المتحرك تتحرك بنفس سرعته.
  - باقي طبقات السائل بين اللوحين تتحرك بسرعات تتراوح من الصفر إلى v.
  - تتزايد السرعة تدريجيًا من اللوح الساكن إلى المتحرك بحيث تكون سرعة كل طبقة أقل من الطبقة التي تعلوها.

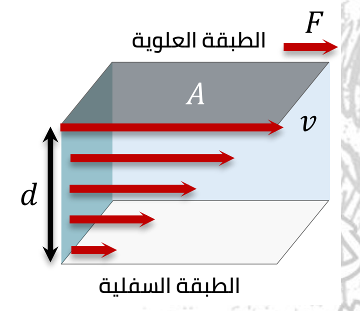


- يرجع ذلك إلى وجود:

قوى احتكاك: بين كل من اللوحين وطبقة السائل الملامسة لكل منهما ناتجة عن التلاصق بين جزيئات اللوح الصلب وجزيئات السائل المجاورة لها فتتحرك كل طبقة من السائل تبعًا لحركة اللوح الملامسة له.	**قوى شبيهة بقوى الاحتكاك:** بين كل طبقة من طبقات السائل والطبقة التي تعلوها مما يعوق انزلاقها فوق بعضها البعض فينشأ اختلاف نسبي في السرعة بين كل طبقة والتي تعلوها.

- يرجع ذلك إلى وجود:

مُعامل اللزوجة



بفرض طبقتين من سائل المسافة العمودية بينهما d فإذا أثرت قوة مماسية (F) على الطبقة العلوية من السائل (مساحتها A) فسبّبت فرق في السرعة بين الطبقتين مقداره v, نجد أنه لكي تحتفظ الطبقة المتحركة بسرعة ثابتة فإن القوة المماسية المؤثرة على الطبقة العلوية تعادل قوى الاحتكاك بين الطبقات (قوة اللزوجة) والتي تتناسب:

- **طرديًا:** مع مساحة الطبقة المتحركة (A): $\quad F \alpha A$
- **طرديًا:** مع فرق السرعة بين الطبقتين (v): $\quad F \alpha$
- **عكسيًا:** مع المسافة العمودية بين الطبقتين (d): $\quad F \alpha \frac{1}{d}$

$$\therefore F \alpha \frac{Av}{d}$$

$$F = constant \times \frac{Av}{d}$$

$$\therefore F = \eta_{vs} \frac{Av}{d}$$

$$\therefore \boldsymbol{\eta_{vs} = \frac{Fd}{Av}}$$

وحدة قياس مُعامل اللزوجة
$N.s/m^2$
وتكافئ
$kg/m.s$
أو
$J.s/m^3$

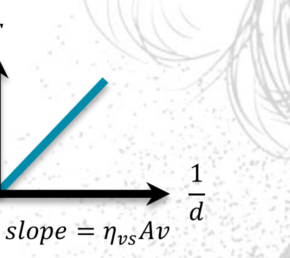
حيث (η_{vs}) مُعامل اللزوجة ويساوي عدديًا القوة المماسية المؤثرة على وحدة المساحات وينتج عنها فرق في السرعة مقداره الوحدة بين طبقتين من السائل المسافة العمودية بينهما الوحدة.

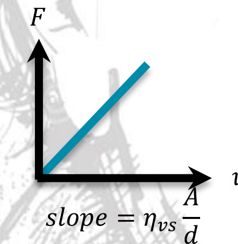
العوامل التي يتوقف عليها مُعامل اللزوجة:

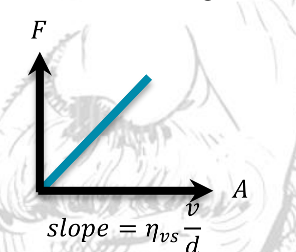
① نوع المائع (السائل أو الغاز).
② درجة الحرارة (تقل لزوجة المائع بارتفاع درجة حرارته).

العوامل التي يتوقف عليها مُعامل اللزوجة:

① مُعامل اللزوجة لعدة سوائل مختلفة (علاقة طردية).
② مساحة الطبقة المتحركة (علاقة طردية).
③ فرق السرعة بين طبقتين من السائل (علاقة طردية).
④ المسافة العمودية بين الطبقتين (علاقة عكسية).







F — η_{vs} — $slope = \frac{Av}{d}$

لاحظ:

- تتواجد النباتات المائية غالبًا قرب الشواطئ لأنه قرب الشاطئ تزداد قوى الاحتكاك التي تعوق الماء عند الانسياب حيث أن F تتناسب عكسيًا مع d وبالتالي تقلّ فرصة اقتلاع هذه النباتات بواسطة تيارات الماء المناسب.
- تقلّ سرعة أمواج البحر كلما اقتربنا من الشاطئ لأنه كلما اقتربت الطبقة المتحركة من الساكنة تقلّ سرعتها بسبب زيادة قوى الاحتكاك الناتجة عن اللزوجة.
- يشعر سكان الأدوار العليا بسرعة الرياح أكثر من سكان الأدوار السفلى لأن الأدوار العليا بعيدة عن سطح الأرض (الطبقة الساكنة) فتزداد سرعة الهواء كلما ابتعدنا عن الأرض بسبب نقص قوى الاحتكاك الناتجة عن اللزوجة.
- عند وجود ثلاثة ألواح مستوية أفقية متوازية يؤثّر على اللوح (2) قوتيّ احتكاك من السائل إحداهما من أعلى والأخرى من أسفل.

$$F_2 = F_{12} + F_{32}$$

$$F_2 = \eta_{vs} A_2 v_2 = \left(\frac{1}{d_{12}} + \frac{1}{d_{32}}\right)$$

- عند وجود سطحين مستويين كل منهما موضوع فوق طبقة من سائل:

$$\frac{(\eta_{vs})_1}{(\eta_{vs})_2} = \frac{F_1 d_1 A_2 v_2}{F_2 d_2 A_1 v_1}$$

مسائل متنوعة

① صفيحة مستوية مساحتها $0.01\ m^2$ تتحرك بسرعة $12.5\ m/s$ معزولة عن صفيحة أخرى ساكنة كبيرة بطبقة من سائل سُمكها $2\ mm$ فإذا كان معامل لزوجة السائل $4\ kg/m.s$ احسب القوة اللازمة لحفظ الصفيحة متحركة.

الحل:

$$F = \eta_{vs}\frac{Av}{d} = \frac{4 \times 0.01 \times 12.5}{2 \times 10^{-3}} = 2.5\ N$$

② صفيحة مستوية مربعة الشكل طول ضلعها $0.2\ m$. معزولة عن صفيحة أخرى بطبقة من سائل سُمكها $4\ cm$ فإذا أثّرت قوّة مقدارها $20\ N$ على الصفيحة الأولى فتحركت بسرعة $1\ m/s$ فما هي قيمة مُعامل اللزوجة؟

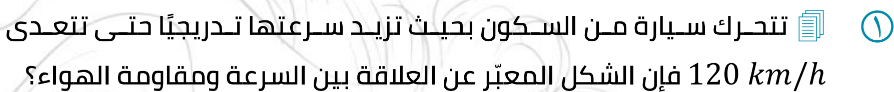
الحل:

$$\eta_{vs} = \frac{Fd}{Av} = \frac{20 \times 4 \times 10^{-2}}{(0.2)^2 \times 1} = 20\ kg.m^{-1}.s^{-1}$$

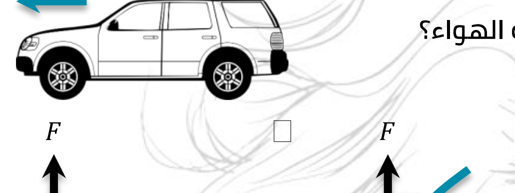
تطبيقات على خاصية اللزوجة	
التطبيق	**الشرح**
تزييت وتشحيم الآلات المعدنية	الغرض منها: (1) إنقاص كمية الحرارة المتولدة نتيجة الاحتكاك. (2) حماية أجزاء الآلة من التآكل وزيادة كفاءتها.
	يُراعى في الزيوت المستخدمة أن تكون ذات لزوجة كبيرة لكي يكون لها القدرة على الالتصاق بأجزاء الآلة مع استمرار الحركة الدائبة ولا تنساب بعيدًا عنها.
	لا يصلح الماء في عملية التزييت لأن الماء من المواد ذات اللزوجة الصغيرة فسرعان ما ينساب بعيدًا عن أجزاء الآلة لضَعف قوة التصاقه بها أثناء حركتها.
توفير استهلاك الوقود في المركبات المتحركة	في السرعات المنتظمة الصغيرة نسبيًا أو المتوسطة تتناسب مقاومة الهواء الناتجة عن لزوجته طرديًا مع سرعة المركبة, وعند زيادة سرعة المركبة عن حد معين تتناسب مقاومة الهواء طرديًا مع مربع سرعة المركبة مما يزيد من استهلاك الوقود.
	عندما تبلغ السيارة سرعتها القصوى يكون الشغل الكلي والذي تبذله الآلة والمستمدة من الوقود المستهلك يعمل معظمه ضد: (1) مقاومة الهواء للسيارة أثناء حركتها خلاله. (2) قوّة الاحتكاك بين إطارات السيارة والأرض.
اختبار سرعة ترسيب الدم	عند سقوط كرة سقوطًا حرًا رأسيًا في سائل لزج فإنها تتأثر بثلاث قوى, وزنها لأسفل, قوة دفع السائل لأعلى, قوة الاحتكاك بينها وبين السائل لأعلى (قوة اللزوجة), ومحصلة هذه القوى أن الكرة تتحرك بسرعة نهائية ثابتة تزداد بزيادة نصف قطرها.
	تتناسب السرعة النهائية التي تسقط بها كرات الدم خلال سائل البلازما مع مربع نصف قطرها وبذلك يمكن التعرّف على حجم كرات الدم إذا كانت طبيعية أم لا من خلال معدل الترسيب (المعدل الطبيعي لسرعة الترسيب هو 15 ملليمتر بعد ساعة).
	في حالة الإصابة بأمراض الحمى الروماتيزمية وروماتيزم القلب والنقرس تتلاصق كرات الدم

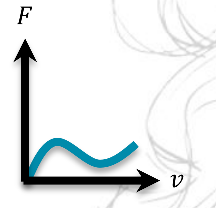
الحمراء فيزداد حجمها ونصف قطرها وتزداد تبعًا لذلك سرعة الترسيب.	
في حالة الإصابة بأمراض فقر الدم (الأنيميا) واليرقان تنكسر كرات الدم الحمراء ويقل حجمها ونصف قُطرها وبذلك تقل سرعة الترسيب.	

اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة



① تتحرك سيارة من السكون بحيث تزيد سرعتها تدريجيًا حتى تتعدى $120\ km/h$ فإن الشكل المعبّر عن العلاقة بين السرعة ومقاومة الهواء؟





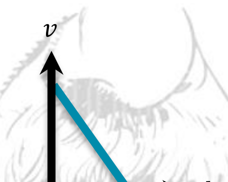
☐ ☐ ☐ ☐

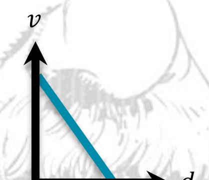
② الشكل المقابل يمثّل عيّنة من سائل محصورة بين لوحين، السفلي (ساكن) والعلوي (متحرك)، أي من الأشكال البيانية التالية يعبّر عن العلاقة بين سرعة انسياب كل طبقة من السائل (v) وارتفاع كل طبقة من أسفل (d)؟

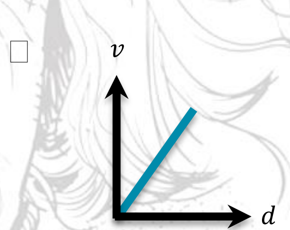


اللوح العلوي (متحرك)

اللوح السفلي (ساكن)





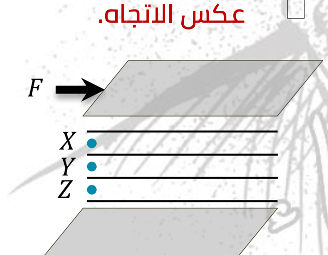


☐ ☐ ☐ ☐

③ تكون قوة اللزوجة .... حركة طبقات المائع.

☐ في نفس الاتجاه. ☐ موازية. ☐ عمودية. ☐ عكس الاتجاه.

④ سائل محصور بين لوحين متوازيين، تؤثر على اللوح العلوى قوّة مماسية لتحريكه فتكون سرعة النقاط الموضحة بالرسم كالآتي ....



☐ $v_x > v_y = v_z$
☐ $v_z > v_y > v_x$
☐ $v_x > v_y > y_z$
☐ $v_y = v_z = v_x$

⑤ تعتمد خاصية اللزوجة لسائلٍ ما على قوى .... بين طبقاته.

☐ الارتباط. ☐ التماسك. ☐ الاحتكاك. ☐ لا توجد إجابة.

⑥ لوح معدني مستوي مساحته $0.0375\ m^2$ ينزلق بسرعة $0.2\ m/s$ على لوح آخر ساكن بينهما طبقة من سائل سُمككها $3\ mm$، فإذا علمت أن مُعامل لزوجة السائل $0.25\ N.s/m^2$، فإن القوة المماسية المؤثرة على اللوح المتحرك تساوي ....

☐ $0.78\ N$ ☐ $0.732\ N$ ☐ $0.625\ N$ ☐ $0.55\ N$

⑦ إذا زاد فرق السرعة بين طبقتين من سائل عند تأثير قوة مماسية على الطبقة العلوية منه, فإن معامل لزوجة السائل عند ثبوت درجة الحرارة ....

☐ ينعدم. ☐ يقل. ☐ يزداد. ☐ لا يتغير.

⑧ لوح مربع الشكل طول ضلعه $10\ cm$ ينزلق فوق لوح آخر ساكن بينهما طبقة من سائل لزج مُعامل لزوجته $1.2\ N.s/m^2$, فإذا تحرك اللوح العلوي بسرعة $0.2\ m/s$ نتيجة تأثره بقوة مماسية $0.6\ N$, فإن شمك طبقة السائل يساوي ....

☐ $1\ mm$ ☐ $2\ mm$ ☐ $3\ mm$ ☐ $4\ mm$

⑨ يتحرك لوحان a, b على سطح سائل بنفس السرعة, فتكون النسبة بين القوى $\frac{F_a}{F_b}$ كنسبة ....

☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{1}{1}$

☐ $\frac{2}{1}$ ☐ $\frac{4}{1}$

X 2X b a X X d

⑩ عند إجراء اختبارات ترسيب الدم لثلاث أشخاص, الأول مُصاب بمرض الحمى الروماتيزمية والثاني مصاب بالأنيميا والثالث سليم فإن السرعة النهائية لمعدّل تساقط كرات الدم الحمراء تكون في ....

☐ الشخص الأول أكبر. ☐ الشخص الثالث أكبر.

☐ الشخص الثاني أكبر. ☐ الأشخاص الثلاثة متساوية

⑪ يتحرك لوح رقيق على سطح سائل متجانس بسرعة (v), فإذا تحرّك في الموضع (x) بنفس السرعة على عُمق $\frac{1}{2}d$ فإن مُعامل اللزوجة ...

☐ يظل ثابت. ☐ يقل للربع.

☐ يزداد للضِعف. ☐ يقل للنصف.

½ d x ½ d d

⑫ في الشكل المقابل عند وضع سائل A بين اللوحين والتأثير بقوة مماسية $100\ N$ على اللوح العلوي يتحرك اللوح بسرعة $0.2\ m/s$, وعند تغيير السائل A بسائل آخر B والتأثير بقوة مماسية $50\ N$ على اللوح العلوي يتحرك اللوح بسرعة $0.4\ m/s$, فإن النسبة بين مُعاملَيّ لزوجة السائلين تساوي ....

☐ $\frac{1}{2}$ ☐ $\frac{1}{1}$

☐ $\frac{2}{1}$ ☐ $\frac{4}{1}$

F v لوح ساكن

⑬ الشكل يوضح كميات متساوية من سوائل مختلفة صُبّت في أقماع متماثلة, إذا علمت أن لزوجة m < لزوجة z < لزوجة x < لزوجة y, أي السوائل يتجمّع في الحوض أولًا؟

☐ السائل x ☐ السائل y

☐ السائل z ☐ السائل m

سائل x سائل y سائل z سائل m حوض حوض حوض حوض

(١٤) طبقة من سائل لزج سُمكها $2.5\ mm$ تغطي أرضية من السيراميك فإذا انزلق عليها لوح مربع مساحته $0.1\ m^2$ بسرعة $0.5\ m/s$ نتيجة تأثره بقوة مماسية $35\ N$, يكون مُعامل لزوجة السائل $kg/m.s$ ....

- ☐ 0.75
- ☐ 1.25
- ☐ 1.75
- ☐ 2.25

(١٥) تؤثر قوة مماسية على لوح من الخشب المصقول فينزلق على طبقة من سائل لزج تغطي أرضية قاعه فإذا زادت هذه القوة للضِعف, فإن مُعامل لزوجة السائل ....

- ☐ لا يتغيّر.
- ☐ يقل للربع.
- ☐ يزداد للضِعف.
- ☐ يقل للنصف.

(١٦) لديك ألواح خشبية مختلفة المساحة $(A_1 > A_2 > A_3 > A_4)$ وضُعت على سطح سائل واحد ويُراد تحريكها بنفس السرعة, أيّ الاختيارات تعبّر عن ترتيب القوّة المستخدمة لتحريكها علمًا بأن عمق السائل متساوي؟

- ☐ $F_1 > F_3 > F_2 > F_4$
- ☐ $F_1 > F_4 > F_2 > F_3$
- ☐ $F_1 > F_2 > F_4 > F_3$
- ☐ $F_1 > F_2 > F_3 > F_4$

(١٧) أسقطت أربع كرات متماثلة من الصلب من نفس الارتفاع في أربع مخابير في كل منها سائل مختلف عن الآخر, وتم تسجيل زمن وصول الكرة إلى قاع المخبار في كل حالة فكانت كما في الجدول المقابل.
أيّ المخابير يحتوي على سائل لزوجته أعلى؟

	المخبار	زمن الوصول
☐	1	0.2 s
☐	2	0.3 s
☐	3	0.6 s
☐	4	1 s

- ☐ المخبار 1
- ☐ المخبار 2
- ☐ المخبار 3
- ☐ المخبار 4

(١٨) أرضية من الخشب المصقول مغطاة بطبقة من سائل لزج سُمكها $2\ mm$ ينزلق عليها لوح مستطيل مساحته $0.12\ m^2$ بسرعة $0.75\ m/s$ عند التأثير عليه بقوة مماسية $126\ N$, فإن مُعامل لزوجة السائل يساوي $N.s/m^2$ ....

- ☐ 1.6
- ☐ 1.8
- ☐ 2.4
- ☐ 2.8

(١٩) لوح مساحته $225\ cm^2$ تؤثر عليه قوة مماسية $4.5\ N$ لينزلق على لوح آخر ساكن بينهما طبقة من سائل معامل لزوجته $0.8\ N.s/m^2$ وسمكها $2.2\ mm$, فتكون سرعة تحرك اللوح m/s ....

- ☐ 0.35
- ☐ 0.75
- ☐ 0.55
- ☐ 0.95

(٢٠) تؤثر قوة مماسية على لوح البلاستيك مساحته $240\ cm^2$ لينزلق بسرعة $0.4\ m/s$ على لوح آخر ساكن بينهما طبقة من سائل سُمكها $5\ mm$ فإذا علمت أن مُعامل لزوجة السائل $2.1\ N.s/m^2$, فإن القوة المماسية المؤثرة على لوح البلاستيك تساوي تقريبًا ....

- ☐ $3\ N$
- ☐ $4\ N$
- ☐ $6\ N$
- ☐ $9\ N$

(٢١) طبقة من سائل لزج سُمكها $3\ cm$ ومُعامل لزوجتها $1.2\ kg/m.s$ موضوعة بين لوحين مستويين أفقيين ومتوازيين, فإذا أثّرت قوّة مقدارها $1.6\ N$ على اللوح العلوي تحرك بسرعة $1\ m/s$, فإن مساحة اللوح العلوي تساوي ....

- ☐ $200\ cm^2$
- ☐ $300\ cm^2$
- ☐ $0.04\ cm^2$
- ☐ $0.05\ cm^2$

(٢٢) عند انخفاض درجة حرارة سائل فإن مُعامل لزوجته ....

- ☐ يزداد.
- ☐ يقل.
- ☐ لا يتغير.
- ☐ لا يمكن تحديد الإجابة إلا بمعرفة نوع السائل.

(٢٣) في السرعات الصغيرة نسبيًا أو المتوسطة تتناسب مقاومة الهواء الناتجة عن لزوجته ....

- ☐ طرديًا مع مربع سرعة المركبة.
- ☐ طرديًا مع سرعة المركبة.
- ☐ عكسيًا مع مربع سرعة المركبة.
- ☐ عكسيًا مع سرعة المركبة.

(٢٤) ✍ في السرعات الكبيرة للسيارة تتناسب مقاومة الهواء الناتجة عن لزوجته ....

- ☐ طرديًا مع سرعة السيارة.
- ☐ عكسيًا مع سرعة السيارة.
- ☐ طرديًا مع مربع سرعة السيارة.
- ☐ عكسيًا مع مربع سرعة السيارة.

(٢٥) إذا رفعت درجة حرارة سائل لزج, فإن ....

	انسياب السائل	مقاومة السائل لحركة الأجسام خلاله
☐	يزداد	تزداد
☐	يقل	تزداد
☐	يزداد	تقل
☐	يقل	تقل

(٢٦) تقل كمية تحرك جسم صلب عند الحركة في الماء عنه في الهواء إذا كانت سرعته الابتدائية واحدة في الحالتين لأن ....

- ☐ لزوجة الماء أكبر من لزوجة الهواء.
- ☐ لزوجة الماء أقل من لزوجة الهواء.
- ☐ لزوجة الماء تساوي لزوجة الهواء.
- ☐ كثافة الماء أقل من كثافة الهواء.

(٢٧) النسبة بين مُعامل لزوجة الهواء فوق القطبين إلى مُعامل لزوجة الهواء عند خط الاستواء تكون ....

- ☐ أكبر من الواحد.
- ☐ أقل من الواحد.
- ☐ تساوي الواحد.
- ☐ منعدمة.

تم بحمد الله

مع مستر عبدالرحمن الفيزياء بكل بساطه